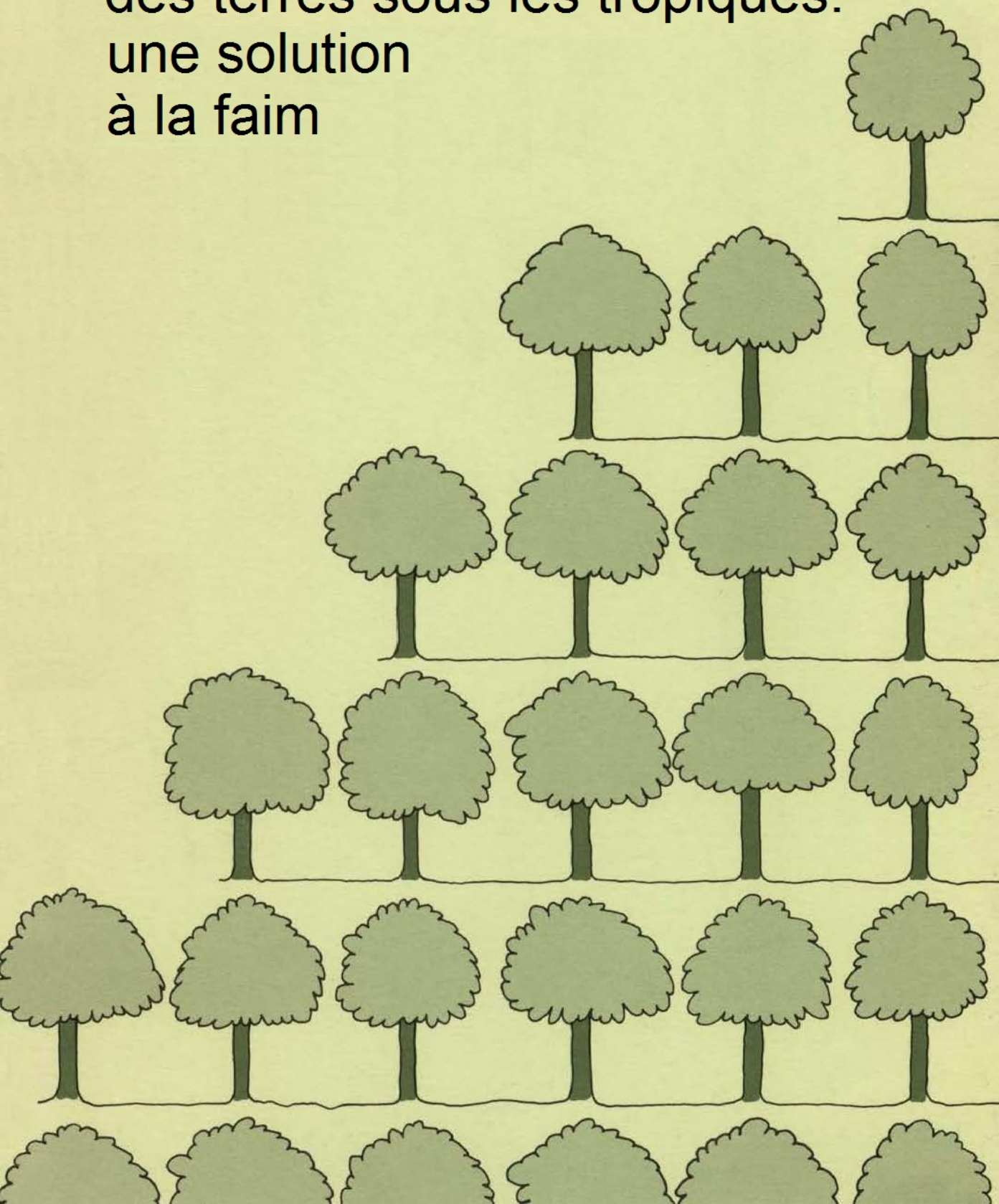


Les arbres dans l'aménagement des terres sous les tropiques: une solution à la faim



Le Centre de recherches pour le développement international, société publique créée en 1970 par une loi du Parlement canadien, a pour mission d'appuyer des recherches visant à adapter la science et la technologie aux besoins des pays en voie de développement; il concentre son activité dans cinq secteurs: agriculture, alimentation et nutrition; information; santé; sciences sociales; et publications. Le CRDI est financé entièrement par le Gouvernement du Canada, mais c'est un Conseil des gouverneurs international qui en détermine l'orientation et les politiques. Etabli à Ottawa (Canada), il a des bureaux régionaux en Afrique, en Asie, en Amérique latine et au Moyen-Orient.

© Centre de recherches pour le développement international — 1978
Adresse: B.P. 8500, Ottawa, Canada, K1G 3H9
Siège: 60, rue Queen, Ottawa

Bene, J. G.
Beall, H. W.
Côté, A.

CRDI

IDRC-084f

Les arbres dans l'aménagement des terres sous les tropiques: une solution à la faim. Ottawa, CRDI, 1978. 55 pages.

/CRDI publication/. Monographie sur le /développement forestier/ en /zone tropicale/, les incidences /écologie/ques et le besoin d'amélioration dans le domaine de la /gestion forestière/ et de l'/utilisation des terres/ — traite de l'/écosystème/ forestier, des /système de culture/ successive, de /reboisement/, de l'/exploitabilité/ des /ressources forestières/, de la /production forestière/, de la /recherche forestière/, de l'intégration de la foresterie, de l'agriculture et de l'élevage (agro/sylviculture/); de la fondation d'un Centre international de recherche en agroforesterie (CIRAF). /Bibliographie/.

CDU: 634.0.2(213)

ISBN: 0-88936-169-x

Edition microfiche sur demande

Les arbres dans l'aménagement des terres sous les tropiques:

une solution à la faim

J. G. Bene, H. W. Beall et A. Côté

"La forêt est un être étrange d'une bonté et d'une générosité sans limite qui pousse sans aucune exigence et dispense libéralement les fruits de son existence; elle accorde protection à tous, offrant même son ombre au bûcheron qui la détruit."

Gautama Bouddha



Ce bas-relief de l'ancienne Egypte montre que les méfaits causés par le pâturage incontrôlé du bétail ne datent pas d'hier (photo OAA).

Sommaire

Avant-propos 4

Remerciements 5

La forêt tropicale — surexploitée et mal exploitée 7

Importance de la forêt tropicale pour l'environnement 11

Méthodes de sylviculture 12

Utilisation des ressources de la forêt 17

Obstacles à la mise en valeur des ressources forestières 30

Besoins et priorités en matière de recherche 36

Projet de fondation d'un conseil international 49

Conclusions 52

Postface 53

Bibliographie 54

Avant-propos

Le contraste est frappant entre le potentiel immense et varié des forêts tropicales et leur modeste contribution au bien-être de l'humanité. Pourtant, il est possible — et aussi impérieux — de tirer un meilleur parti des ressources et des produits forestiers et d'empêcher leur destruction et leur mauvaise utilisation. Car il y a là de quoi améliorer la vie de tous les hommes et en particulier des habitants des régions rurales.

La recherche en matière de sylviculture tropicale a récemment pris son essor, mais l'on n'est pas encore parvenu à se mettre d'accord sur les objectifs qui doivent primer. Les travaux entrepris à travers le monde le sont sans coordination, si bien qu'il y a à la fois double emploi et lacunes graves. Afin de remédier à cette situation, le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) lançait, en juillet 1975, un projet visant à établir quelles devaient être les priorités de la recherche en sylviculture tropicale, et dans le cadre duquel on se proposait de:

- 1) recenser les lacunes les plus graves dans les domaines de la recherche et de la formation sylvicoles à travers le monde;
- 2) délimiter les domaines communs à la foresterie et à l'agriculture dans les pays tropicaux à faible revenu et susciter des recherches en vue d'une utilisation optimale des terres;
- 3) formuler des programmes de recherche forestière ayant de bonnes chances d'avoir un impact économique et social considérable dans les P.V.D. (pays en voie de développement);
- 4) recommander la conclusion d'ententes entre institutions afin d'assurer l'efficacité et la célérité d'une telle recherche;
- 5) élaborer un plan d'action pour obtenir l'appui des organismes et autres donateurs internationaux.

A partir de l'information de base déjà recueillie et en fonction de notre évaluation des besoins et priorités en matière de recherche, nous avons recommandé l'adoption de lignes de conduite qui nous semblent les mieux indiquées pour atteindre les résultats désirés. Bien que le but premier de l'étude ait été de déterminer les impératifs de la recherche en sylviculture tropicale, nous sommes arrivés à la conclusion que l'objectif absolument prioritaire devait être un système de production combinée intégrant la sylviculture, l'agriculture et l'élevage en vue d'une utilisation optimale des terres tropicales. C'est pourquoi le présent ouvrage, d'abord axé sur la foresterie, élargit son champ d'étude pour mettre progressivement l'accent sur le concept plus général de l'utilisation des terres.

Remerciements

Un comité consultatif a été institué dès le début, où ont accepté de siéger MM. A. Lafond, L.G. Lessard, J.C. Nautiyal, D.R. Redmond, R.W. Roberts, J. Spears et H.A. Steppler. Le comité a tenu deux réunions officielles et ses conseils à tous les stades de l'élaboration du projet ont été des plus précieux.

Nous devons également souligner l'aide précieuse que nous ont apportée les conseillers régionaux qui se sont chargés de recueillir les opinions éclairées et de faire des recommandations sur les besoins de la recherche forestière dans diverses régions des tropiques: le professeur J.D. Ovington d'Australie, M. F.S. Pollisco des Philippines, le professeur L. Roche du pays de Galles, principalement pour l'Afrique, de même que M. A. Samper de Colombie, assisté de MM. R. Peck, A. Delgado et J. Ortiz-Silva.

Une séance de travail, organisée par le P^r Roche à l'université de Reading sous la présidence du P^r H. Bunting et réunissant quelque 20 experts en sylviculture tropicale et dans des disciplines connexes, a également contribué, de façon substantielle, à l'élaboration du présent rapport, comme aussi une réunion subséquente tenue à Paris sous la présidence de M. J.H. Hulse et à laquelle assistaient des donateurs intéressés.

Il serait injuste de ne citer que quelques noms parmi la multitude de personnes que l'équipe a consultées à différents moments de l'étude sur toutes sortes de sujets. Consultées en personne ou par correspondance, toutes ont dispensé sans compter leur temps et leurs conseils. Parmi les organismes qu'elles représentaient, mentionnons le CRDI, l'Agence canadienne de développement international (ACDI), Environnement Canada ainsi que d'autres ministères fédéraux et provinciaux canadiens; le ministère de l'Agriculture des États-Unis, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (OAA ou FAO), le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD), l'Association internationale des organismes de recherche forestière, le Centre technique forestier tropical, l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers, le Royal Tropical Institute, le Tropical Products Institute et d'autres institutions de recherche; plusieurs agences d'aide bilatérale ainsi que des universités de pays industrialisés et en voie de développement. L'assistance d'experts-conseils, d'agronomes et de divers spécialistes dans des domaines autres que la foresterie nous fut

extrêmement utile à tout moment de l'étude et plus particulièrement au cours de la seconde étape.

A tous ceux-là, et à ceux que nous aurions pu omettre par inadvertance, les auteurs tiennent à exprimer leur plus vive reconnaissance.

Dans un domaine aussi complexe, où l'information essentielle fait tellement défaut, il aurait été présomptueux de vouloir faire l'unanimité des opinions. Aussi, et bien que nous ayons tenu compte de tous les avis, le présent rapport ne reflète pas forcément les opinions de tous ceux qui y ont contribué.

La forêt tropicale — surexploitée et mal exploitée

Sur notre planète, environ quatre personnes sur dix vivent dans la zone intertropicale qui, pendant des millénaires et jusqu'au début du XIX^e siècle, n'a pratiquement pas connu de changement. Le chaud soleil équatorial, des pluies torrentielles et une saison de végétation ininterrompue ont donné naissance à une flore riche et variée dominée par les arbres et à une faune tout aussi diversifiée qui ont pu se maintenir dans un écosystème complexe où s'est instauré "... un équilibre remarquablement stable entre les plantes, les animaux et le cadre physique" (48). Il y a donc là un immense potentiel, du fait de la diversité de la forêt pluviale tropicale et de la richesse de ses réserves génétiques, mais cette variété même des ressources pose des problèmes particuliers de développement.

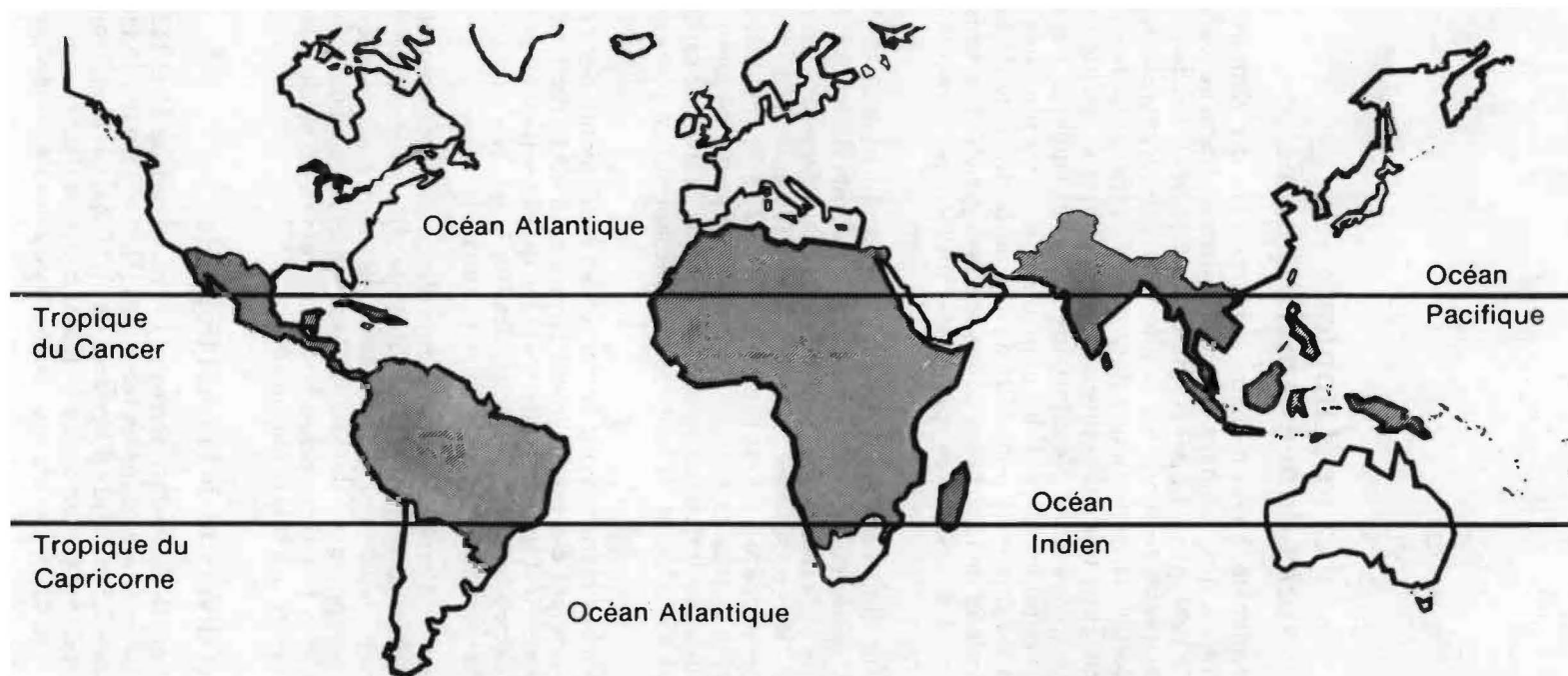
La voracité dont ont fait preuve les pays industrialisés depuis le début du XIX^e siècle et les empiètements plus récents d'une population en accroissement rapide ont transformé le paysage au point de compromettre les ressources mêmes dont dépend la survie des populations des tropiques. Il est prévu que, d'ici 25 à 30 ans, la majeure partie des forêts tropicales humides que nous connaissons aujourd'hui seront devenues des terres improductives, et que la désertification des savanes ira en s'accroissant. Il faut absolument stopper ce processus de dégradation.

Les recherches menées pour améliorer les rendements des cultures en zone tropicale ont été extrêmement payantes, mais la forêt, elle, est loin d'avoir bénéficié d'un pareil effort, et bien qu'elle soit en puissance le système le plus productif sous le soleil des tropiques, elle demeure l'un des écosystèmes terrestres les moins bien connus.

Il est possible d'arrêter la destruction des ressources naturelles, et même d'accroître fortement la production de matières premières naturelles, mais seulement à condition de mettre en pratique les connaissances disponibles, de combler les importantes lacunes existant dans ce domaine par des recherches bien orientées et de respecter l'apparente fragilité des sols tropicaux.

Superficie et diversité de la forêt tropicale

Près du tiers de la surface terrestre est recouvert de forêt (42) dont plus de la moitié se trouve dans les tropiques (1). Il n'y a pas si longtemps encore, au moins 3,5 milliards d'hectares (ou 3,5 Gha) sur les 4,9 milliards qui constituent la zone intertropicale étaient couverts d'arbres, mais près d'un milliard d'hectares ont été quasiment dépouillés de toute végétation



Les P.V.D. ne sont pas tous situés dans les tropiques et les pays tropicaux ne sont pas tous en voie de développement, mais on ne risque pas de se tromper grandement en prétendant que les tropiques sont la "patrie" du monde en voie de développement. Les parties hachurées de la carte représentent les régions regroupées sous l'appellation de tropiques aux fins du présent ouvrage.

et transformés en terres incultes (48). Les chiffres pour les surfaces boisées dans les tropiques varient énormément selon la source et peuvent aller de moins de 1,5 Gha (16) à plus de 3 Gha (48); il semble cependant que le chiffre de 2,5 milliards d'hectares se rapproche davantage de la réalité (3).

La nature du sol, la topographie, la teneur en eau disponible et l'intervention de l'homme, pour ne citer que quelques facteurs, influent grandement sur la composition, le peuplement, la densité et le taux de croissance de la forêt tropicale. En fait, les différences observées entre les diverses régions écologiques de la zone intertropicale peuvent être aussi importantes que celles qui existent entre les écosystèmes tropicaux et ceux des régions tempérées (38).

La complexité des forêts tropicales est attestée par le nombre des divers systèmes mis au point pour les classer. L'un d'eux consiste à les regrouper selon la qualité, la quantité et la périodicité des apports d'eau aux arbres:

- 1) *les mangroves* s'observent dans les zones côtières abritées et le long des estuaires où le sol est soumis deux fois par jour à une inondation d'eau salée. Leur superficie est relativement faible (sans doute moins de 5 %, quoiqu'aucune estimation globale n'ait été établie);
- 2) *les forêts tropicales humides (ombrophiles)* poussent dans les régions où les précipitations dépassent l'évaporation pendant plus de la moitié de l'année (15). Selon les sources, leur étendue totale varie de 550 à 850 millions d'hectares, dont 27 % en Afrique occidentale et centrale, 27 % dans le Sud-Est asiatique et 46 % en Amérique latine (15). Elles se caractérisent par une croissance arborescente luxuriante et une flore riche et variée dominée par les arbres;
- 3) *les forêts tropicales des régions à pluviosité saisonnière, principalement à couvert plein*, couvriraient environ 1,45 Gha (48); on les trouve dans les climats où les pluies saisonnières varient de 200 à 1 250 mm, réparties en une ou deux périodes alternant avec des périodes sèches de 4 à 10 mois à pluviosité inférieure à 25 mm par mois (41);
- 4) *la forêt claire, la savane, la brousse ou les forêts de protection* (27). Il s'agit d'une formation forestière dite ouverte et en voie de transition à dominante herbacée ou arbustive, qui résulte d'une faible pluviosité, mais est le plus souvent la conséquence des feux ou d'une mauvaise utilisation de la terre; elle couvre environ 400 millions d'hectares.

Si l'on tente de différencier les forêts des terres agricoles ou autres, le problème de la classification se complique sous les tropiques du fait de l'usage multiple très fréquent d'un même terrain, par exemple la culture combinée de plantes vivrières et de boisés et la paissance saisonnière du bétail dans les savanes semi-arides. Aussi le schéma illustrant la classification des terres (page 21) d'après Sommer (43) et d'autres sources doit-il être considéré comme très approximatif. Le besoin d'une évaluation plus précise des zones forestières et des divers types



Des arbres géants peuplent cette forêt naturelle (photo J. Redden).

d'occupation du sol dans les tropiques est donc évident et ne pourra que s'accroître au fur et à mesure que se développera l'aménagement du territoire.

Importance de la forêt tropicale pour l'environnement

On a avancé toutes sortes d'hypothèses concernant les effets de la forêt tropicale sur les précipitations, la production d'oxygène et l'équilibre en gaz carbonique (CO₂) de l'atmosphère. Si aucune d'entre elles n'a été prouvée (48), il reste que les arbres absorbent d'immenses quantités d'eau qu'ils relâchent ensuite dans l'air sous forme de vapeur. Leurs cimes interceptent la pluie et les substances nutritives, tandis que leurs racines latérales, qui peuvent atteindre une envergure de 100 m, absorbent les produits de décomposition de la forêt et restreignent le lessivage du sol par les pluies torrentielles. Certaines espèces ont même des racines pivotantes qui descendent jusqu'à 30 m ou plus pour y puiser l'eau et les minéraux en solution.

En outre, les arbres abaissent et égalisent la température au niveau du sol et protègent hommes et bêtes des rigueurs du soleil tropical; les forêts tropicales abritent et nourrissent un riche assortiment de plantes et d'animaux qui en fait un des réservoirs génétiques les plus vastes et les plus diversifiés au monde; enfin, l'usage des arbres comme brise-vent enrayer l'érosion éolienne, diminue l'assèchement du sol et régularise le ruissellement. Bref, le rôle joué par la forêt dans la stabilisation du sol et la protection contre l'érosion éolienne et hydraulique est de première importance pour le maintien de la qualité de l'environnement.

... d'aucuns prévoient que, d'ici 25 à 30 ans, la majeure partie des forêts tropicales humides que nous connaissons aujourd'hui seront devenues des terres improductives, et que la désertification des savanes ira en s'accéléralant ...

Le climat, la topographie, le sol et d'autres facteurs environnementaux agissent sur la productivité de la forêt tropicale, parfois de façon très inattendue. Le rythme de croissance des arbres dépend de la température de l'air, et quand celle-ci dépasse 30° C, les mécanismes de croissance sont tout autant inhibés que lorsqu'elle descend sous le point de congélation (46). Un ciel couvert au-dessus des terres basses humides abaisse l'activité photosynthétique, tandis que les hautes températures nocturnes accroissent l'évapotranspiration.

L'on connaît bien la baisse de croissance ligneuse qui survient à la

ligne de fusion entre la forêt ombrophile et la savane boisée; ce qu'on sait moins toutefois, c'est que sous les climats à saison sèche courte ou inexistante, le sol saturé d'eau perd continuellement par lessivage ses nutriments solubles et est privé d'oxygène et d'azote, ce qui diminue le taux de croissance en entravant le développement des racines.

On a découvert récemment que les variations climatiques locales découlant de légères différences d'altitude et d'exposition exercent un effet marqué sur la végétation tropicale (46). A l'intérieur même de la zone tropicale, ce sont les régimes hydriques intermédiaires qu'on rencontre dans les latitudes plus élevées et à altitude moyenne qui créent les conditions de croissance idéale, lorsqu'ils sont combinés à une plus longue photopériode, une nébulosité moins forte et des nuits plus fraîches.

La photosynthèse est le processus par lequel les plantes vertes utilisent l'énergie lumineuse solaire pour convertir le carbone (du gaz carbonique atmosphérique) et l'eau en fibre ligneuse, feuilles, fleurs, fruits et graines. Ainsi, plus de 90 % du poids sec des arbres provient de la fixation du CO₂ par photosynthèse (54). Le recours aux végétaux chlorophylliens est donc, et de loin, le moyen le plus simple pour l'homme de recueillir et d'emmagasiner l'énergie solaire. Mais la plupart des arbres transforment à peine 1 % des radiations solaires incidentes en biomasse, c'est-à-dire en matière végétale. Il semble toutefois qu'il existe, ou qu'on puisse sélectionner, des arbres caractérisés par une forte efficacité photosynthétique et une faible photorespiration qui leur permettent d'accroître ce taux de conversion (43).

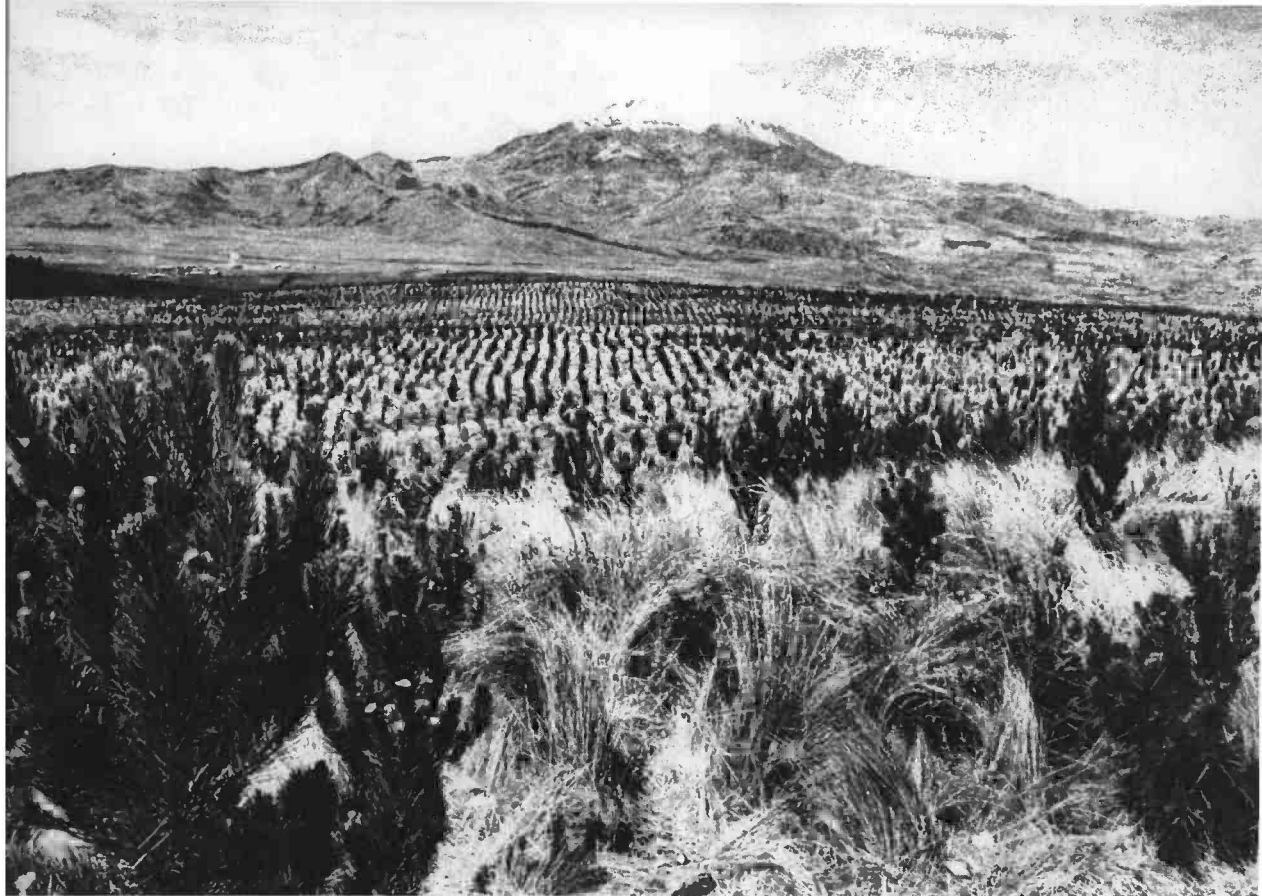
Méthodes de sylviculture

La forêt naturelle

Les forêts tropicales forment des communautés hautement diversifiées qui peuvent parfois réunir au-delà de 100 espèces sur une parcelle d'un hectare seulement. Leur bois varie énormément par le poids, la résistance, la durabilité, la couleur, la texture et d'autres caractéristiques. La technologie moderne permet d'utiliser à l'échelle commerciale le bois de plus de 1 200 essences (12).

En l'absence de cernes, il est difficile d'établir le taux de croissance ligneuse dans les forêts naturelles des tropiques, mais on peut affirmer sans risque d'erreur que, moyennant une bonne gestion et de saines pratiques sylvicoles, il est possible de doubler, voire de tripler leur production par rapport au niveau actuel (11). Le rendement des forêts tropicales indigènes aménagées pourrait alors, dans des conditions favorables, se rapprocher de celui des plantations accélérées, tout en échappant aux dangers inhérents aux vastes monocultures.

Dans certaines forêts naturelles, la biomasse peut dépasser 1 700 tonnes à l'hectare, et la production annuelle totale de matière sèche atteindre 50 tonnes, de composition aussi variée qu'imprévisible. On estime à environ 4 m³/ha l'accroissement annuel moyen des troncs et des



Plantation forestière dans les hautes terres de l'Equateur (photo OAA).

branches, quoique, dans certaines forêts, il soit probablement plus du double (7). Toutefois, dans une forêt mûre non perturbée, la croissance nette est nulle.

Il reste beaucoup de recherches à faire dans le domaine de la sylviculture tropicale, notamment sur les méthodes de régénération, l'amélioration des arbres et la sélection, les effets de la culture intensive sur le sol et le régime hydrique, les mesures de la croissance et du rendement et les résultats à cet égard de divers traitements sylvicoles, ainsi que sur la protection et l'entretien de la sylve. Si l'on excepte quelques types spéciaux de formations, il n'existe pas encore de méthode économique de gestion qui assure la régénération des essences désirées. La forêt tropicale peut être facilement modifiée par l'homme; le déboisement, le surpâturage, le feu ou l'introduction de prédateurs risquent d'en altérer pour toujours la végétation.

Les plantations forestières

Les plantations constituent probablement moins de 1 % de toutes les forêts tropicales (33), mais il semble que ce pourcentage soit appelé à augmenter étant donné les avantages que représente la mécanisation des opérations de culture et d'exploitation, dans le cas d'une formation plus homogène et plus productive.

On a pu démontrer dans beaucoup de pays tropicaux que l'implantation d'essences ligneuses soigneusement choisies pour leur aptitude à pousser rapidement dans des conditions édaphiques et climatiques particulières permet de produire en peu de temps de grandes quantités de bois. En outre, dans une forêt artificielle, il est habituellement plus facile d'améliorer les méthodes de gestion forestière, les techniques recommandées étant plus simples et, de ce fait, plus faciles à appliquer par une main-d'œuvre non spécialisée. Enfin, les emplacements des plantations peuvent être choisis de façon à obvier au manque de moyens de transport et de services collectifs qui afflige les P.V.D. de cette zone.

Par contre, malgré les nombreux cas de réussite, les monocultures sont généralement plus exposées que les peuplements mixtes aux attaques d'insectes et aux maladies. Elles supposent une sélection du matériel végétal et une planification minutieuse si l'on veut qu'à la récolte elles servent les besoins de la société. Le défrichement du terrain, la production des semis, la plantation et l'entretien sont des opérations qui engloutissent d'immenses sommes d'argent, et la rentabilisation de l'entreprise ne peut guère être envisagée à court terme.

Systèmes de production combinée

Sans la protection des arbres, il est souvent difficile de produire des cultures vivrières annuelles dans les zones tropicales à forte pluviosité. Les éléments nutritifs ne tardent pas à être lessivés et leur remplacement par les engrais chimiques coûte cher et consomme beaucoup d'énergie, dans un monde où celle-ci ne cesse de se renchérir.

La culture combinée de certains arbres et de certaines plantes agricoles sur la même parcelle, ou leur culture successive, est le meilleur moyen de sauvegarder la fertilité et la structure de beaucoup de sols tropicaux. A long terme, c'est probablement aussi ce qui procurera au fermier le meilleur revenu. Les arbres protègent le sol contre le soleil brûlant, les vents desséchants et les pluies torrentielles. Ils protègent aussi les bassins hydrographiques et les cours d'eau, ce qui est important pour les pêches côtières et en eau douce.

La "culture itinérante" (aussi connue sous les noms d'écobuage, d'essartage, de culture sur brûlis, de caingin, de ladang, de culture chena, etc.) est un système d'alternance de la forêt et des cultures vivrières pratiqué par les petits paysans depuis des temps immémoriaux. Après que les récoltes ont épuisé les éléments nutritifs disponibles, on laisse le sol en brousse jusqu'à ce que sa fertilité soit suffisamment restaurée pour autoriser quelques années de culture. Si les besoins de plus en plus grands d'une population croissante obligent à raccourcir outre mesure l'intervalle de repos entre les cultures, le sol n'a pas le temps de recouvrer sa fertilité, les broussailles et les jeunes arbres qui ont repoussé durant la jachère n'ont guère de valeur comme bois, et commence alors une phase de rapide dégradation (19).

Une variante de ce système, dite Taungya, est appliquée par les forestiers pour réduire le coût du reboisement: on cultive le sol pendant deux ou trois ans, puis on plante de jeunes arbres, souvent avec la

dernière culture agricole, de sorte qu'à la récolte ils sont déjà bien enracinés et capables de résister à l'envahissement des mauvaises herbes. Toutefois, là où on laisse pousser les arbres pendant 40 ans ou davantage (comme c'est le cas pour le teck et l'acajou), les cultures agricoles n'occupent qu'une très faible portion du cycle.

Pour essayer d'améliorer la culture des arbres ou celle des plantes annuelles, ou encore les deux à la fois, on place parfois ces dernières sous des arbres largement espacés qui leur fournissent un léger ombrage, une litière de feuilles et, dans certains cas, apportent au sol l'azote qu'ils ont biologiquement fixé. On peut aussi intercaler des légumineuses arborescentes, utilisées à la fois pour le bois et pour leur capacité d'enrichir le sol, avec des cultures agricoles, des arbres ou des arbustes qui produisent des aliments ou de la matière première pour l'industrie.

Dans les zones de pluies saisonnières (250 mm ou davantage par année), la plantation intercalaire d'*Acacia albida* accroît de 500 à 600 % le rendement du mil (4). Une autre façon d'améliorer le rendement de la terre consiste à faire paître le bétail entre les arbres. Enfin, dans les mangroves, il est possible de faire de la pisciculture avec succès.

L'on fait rarement état de ces immenses possibilités d'accroître la production et la productivité agricoles par l'association d'arbres et d'autres cultures ou du bétail, et jusqu'à maintenant, elles n'ont été que partiellement explorées. Telle ou telle association végétale, ou des méthodes d'aménagement appliquées avec succès dans telle ou telle région demeurent inconnues dans une autre au grand détriment des fermiers.

Ainsi, la plantation intercalaire de maïs avec des *Leucaena* ou certaines autres légumineuses arborescentes pourrait considérablement augmenter le rendement en grains. Les arbres "miracles" allient en effet une croissance rapide à un fort pouvoir fixateur d'azote, tout en produisant des fruits, des bourgeons, des gousses et des feuilles comestibles ou encore d'autres matières utiles (fourrage, bois). La recherche de telles espèces et la détermination de leurs aires écologiques effectives constituent sûrement des objectifs valables.

La restauration des sols forestiers

Depuis que l'histoire s'écrit, près d'un milliard d'hectares de terres tropicales afforestées sont devenues semi-désertiques (48). Dans la plupart de ces régions, les précipitations annuelles sont inférieures à 700 mm et les saisons sèches très longues. Des millions d'hectares de végétation sont détruits chaque année, surtout par la coupe excessive de la forêt et de la brousse comme source de combustible, par le brûlage des herbages pour améliorer les pâturages, et par le surpâturage. Une fois la végétation disparue, le vent et l'eau ont tôt fait d'éroder la mince couche de sol fertile et de rendre ainsi toute restauration difficile, voire impossible.

En général, la restauration est un processus lent, graduel et qui

demande beaucoup de main-d'œuvre. Si la terre est protégée contre les abus, la végétation se réinstallera lentement sans intervention humaine. Les arbres qu'on plante requièrent des soins attentifs jusqu'à ce que les racines aient pénétré assez profondément pour atteindre l'eau. Les premières années, il faudra peut-être recourir à l'irrigation et préserver les jeunes plants de la paissance et des feux de brousse.

Cependant, avec des plantations appropriées et de sages techniques de gestion, une grande partie de ces terres peut être remise en valeur et produire de bonnes récoltes. Sans irrigation, la production ligneuse ne dépassera peut-être pas 0,1 m³/ha/an (41), mais chaque brindille compte pour des populations privées de combustible et de matériaux de construction. On connaît une grande variété de plantes xérophiles qui produisent du combustible et des aliments riches en protéines pour l'homme ou l'animal. Ainsi, l'anacardier donne des noix et des fruits nourrissants, certains acacias fabriquent des exsudats précieux comme la gomme arabique, d'autres végétaux apportent de l'ombre, produisent des gousses et des feuilles comestibles et améliorent la fertilité du sol. Sur la plaine côtière du Pérou, les arbres, en condensant l'eau de l'atmosphère, rendent possible l'agriculture dans une région pourtant pratiquement privée de pluie.

Souvent, une bonne façon de réinstaller la végétation consiste à combiner des plantes fourragères xérophiles (comme les chénopodiacées et les cactus inermes) avec des arbres. Les plantes fourragères constituent la source principale d'aliment pour le bétail, de même que les gousses des arbres, tandis que les feuilles servent de réserves en période de sécheresse quand il n'y a pas d'autres aliments disponibles (20). Il faudra peut-être importer du combustible pendant quelques années dans les

Agriculture itinérante sur une colline — prélude à l'érosion (photo OAA).



régions en voie de reboisement pour éviter une coupe prématurée des jeunes arbres.

Les zones semi-arides sainement aménagées peuvent produire deux ou trois fois plus de biomasse (21); par ailleurs, une exploitation excessive entraîne la destruction rapide et complète de toute végétation.

Dans les régions à pluviosité saisonnière et inégale, la forêt est particulièrement vulnérable aux coupes excessives ou inconsidérées, ainsi qu'au feu. Les immenses étendues couvertes d'herbe à paille d'*Imperata* et d'autres végétaux secondaires sans valeur que l'on rencontre dans des régions bien arrosées témoignent des dangers d'une exploitation massive et de la nécessité de conserver une partie du couvert forestier. Dans les tropiques humides, si la couronne forestière est enlevée trop vite, les mauvaises herbes s'installent et empêchent la régénération naturelle des arbres. Les méthodes de remise en valeur de ces terres ne sont que partiellement explorées et rarement appliquées. Il est donc urgent de poursuivre les recherches afin de trouver des moyens économiques de reboiser les terres pouvant produire.

*... les zones semi-arides sainement aménagées
peuvent produire deux ou trois fois plus de
biomasse ...*

Il faudra une direction et une volonté politique fermes pour canaliser des ressources financières rares et la main-d'œuvre vers les travaux de revégétation, car les résultats tangibles sont lents à venir. Il importe avant tout d'apprendre aux populations à utiliser judicieusement la terre de façon à en obtenir une production maximale sans exploitation abusive. Pour y parvenir, les forestiers devront unir leurs efforts à ceux des autres responsables de l'aménagement des terres, des spécialistes en sciences sociales et des hommes politiques pour mettre sur pied des programmes coopératifs d'occupation des sols.

Utilisation des ressources de la forêt

Les populations indigènes des forêts tropicales étaient, en général, peu nombreuses et assuraient leur subsistance par la cueillette des fruits, des noix, des feuilles et des fleurs comestibles, ainsi que par les produits de la chasse. Elles complétaient leur alimentation par des récoltes vivrières annuelles obtenues à l'aide de cultures itinérantes. Ce mode de vie se trouve aujourd'hui compromis par l'accroissement démographique, la coupe commerciale de la forêt ou son défrichement pour l'établissement de nouveaux colons, ou par la construction de routes dans les régions naguère isolées.

De nos jours, à mesure qu'augmentent les populations, les périodes de jachère raccourcissent et le sol ne recouvre pas complètement sa fertilité. De nouvelles clairières sont aménagées et abandonnées à un rythme sans cesse croissant; ce type d'agriculture itinérante entraîne chaque année la destruction de près de 10 millions d'hectares de haute futaie et une baisse constante de la fertilité du sol (26).

L'accroissement démographique est souvent élevé dans les zones à pluviosité saisonnière où l'agriculture peut se pratiquer sur les meilleurs sols s'ils sont suffisamment approvisionnés en eau. La plupart de ces régions ont été déboisées, sauf aux endroits où les sols sont trop pauvres ou trop secs pour être cultivés; or, même ces secteurs sont en voie de succomber à la demande sans cesse croissante de bois de chauffage, et les villageois doivent aller de plus en plus loin chercher leur combustible. Le reboisement est compromis par les hordes affamées de caprins et de bovins, et les rares plants qui échappent à la dent des animaux deviennent la proie des feux de brousse annuels.

Un autre danger menace la forêt tropicale humide: l'exploitation des bois précieux. Dès le XVI^e siècle, le Brésil et l'Amérique centrale expédiaient en Europe des bois à teinture. Au début du XIX^e siècle, Cuba envoyait en Europe occidentale des grumes d'acajou pour la fabrication de meubles qui allaient devenir symbole de richesse. Bien vite, l'Amérique centrale se trouva incapable de répondre à la demande d'acajou et la quête de "bois rouge" s'étendit à toute la zone tropicale. Des bois de même teinte, nommés à tort acajou d'Afrique ou des Philippines, furent exportés en quantité sans cesse croissante vers

Le bois de feu devient de plus en plus rare et coûte de plus en plus cher (photo N. McKee).



l'Europe occidentale et l'Amérique du Nord. D'autres essences tropicales gagnèrent aussi la faveur du public à cause de leur grain, de leur résistance aux insectes ou tout simplement de leur odeur agréable.

Malheureusement, une petite fraction seulement des espèces qui poussent dans les formations forestières tropicales possèdent ces propriétés et les exploitants, souvent très exigeants, ne prennent que les meilleurs fûts. Ainsi, 15 % à peine du volume de bois sert à des fins industrielles et cette proportion peut descendre à 3 %. Trop souvent, on coupe les meilleurs arbres et on laisse les moins bons se reproduire, ce qui amène une diminution progressive de la qualité de la forêt. Au moment de la coupe, un grand nombre des arbres restants sont abîmés ou détruits et la forêt s'en trouve gravement dégradée. Ce phénomène s'observe en particulier lorsque l'exploitant n'est nullement tenu de protéger les jeunes arbres, ou que la surveillance est insuffisante faute de forestiers compétents.

Cet "écrémage" souvent répété et l'agriculture itinérante entraînent l'appauvrissement graduel de la forêt et la destruction du couvert végétal. Par exemple, en 1974, la Côte-d'Ivoire a exporté quatre millions de mètres cubes (4 Mm³) de grumes. Un tel taux d'exploitation combiné à la culture sur brûlis provoque, estime-t-on, la destruction annuelle de 400 000 hectares de forêt et pourrait causer son anéantissement total en moins de 15 ans (44). Le malheur, c'est que l'exportation des bois précieux des forêts tropicales ne profite qu'à quelques personnes dans les P.V.D. et n'engendre pas assez de revenus pour payer le coût du reboisement ou du remplacement des arbres par une autre culture productive.

... en Côte-d'Ivoire, l'abattage, combiné à la culture itinérante, provoque la destruction annuelle de 400 000 hectares de forêt ...

Les exportations de bois tropicaux vers les pays industrialisés augmentent rapidement: elles ont plus que triplé entre 1962 et 1972, mais même à ce rythme elles ne représentaient encore, en 1974, que 16 % du volume total du commerce mondial des produits forestiers (14). Au Sabah (Malaysia orientale), 60 % des recettes du gouvernement proviennent de l'exportation des grumes et en Côte-d'Ivoire, l'exportation des produits forestiers vient au deuxième rang, après le cacao. En Indonésie, les exportations de grumes sont passées, entre 1968 et 1974, de 1,5 à 18 Mm³ (14). Ce que ces chiffres ne disent pas, c'est que cet accroissement s'est opéré au prix de la liquidation du capital forestier et qu'à un tel rythme et avec les méthodes actuelles d'exploitation, l'on pourrait assister en quelques décennies, à la disparition de la forêt équatoriale telle que nous la connaissons.

Il est urgent de réorienter la gestion et l'utilisation des forêts de manière à satisfaire les besoins à court terme des P.V.D. sans

compromettre, là où c'est encore possible, la survie de ce capital au point de limiter les options futures et de mettre en danger le bien-être des générations à venir. Pour réaliser cet objectif, plusieurs solutions sont possibles. Mentionnons, entre autres, l'emploi comme combustible des essences moins précieuses, l'encouragement de la production locale de bois d'œuvre et de contre-plaqué pour la construction et pour des usages décoratifs, la coupe d'arbres plus petits et plus jeunes venant de dépasser leur stade maximal d'accroissement annuel, et la réduction du gaspillage.

Élargissement du rôle du forestier

Les terres à prédominance forestière sont habituellement gérées par des forestiers. Formés jusqu'ici dans une large mesure dans les pays industrialisés ou dans leur optique, les forestiers des tropiques se sont trop souvent attachés à la production de grumes de choix pour l'exportation. Cette tendance étant aggravée par le manque de personnel, ils n'ont pas pu accorder toute l'attention voulue aux autres utilisations de la forêt.

Tout en reconnaissant la nécessité d'appliquer des systèmes d'exploitation des forêts qui assurent un accroissement constant de la production, les forestiers doivent assumer une multitude de rôles et intégrer la sylviculture aux autres formes d'utilisation du sol requises par la société. Il leur faut travailler de concert avec les agriculteurs et les agronomes pour tirer de la forêt plus de bois et d'aliments pour l'homme et les bêtes, et pour faire pousser des cultures vivrières et des arbres en succession ou en association sur la même parcelle de terre, tout en maintenant la productivité. Ils doivent apprendre aux exploitants à enlever les arbres sans compromettre la régénération, contribuer au sein d'équipes multi-disciplinaires à la solution des problèmes d'aménagement forestier posés par les divers types de régime foncier, et enfin démontrer que le bien-être des populations dépend d'une bonne exploitation forestière.

Le champ des intérêts et des responsabilités des sylviculteurs et aménagistes ne doit pas se limiter aux arbres ayant une valeur produisant du bois, des fruits et des matières industrielles telles le caoutchouc ou le kapok, mais englober tous les systèmes de production d'arbres, y compris ceux dont le rôle principal consiste à protéger les cultures ou à retenir les eaux dans les bassins hydrographiques.

Utilisation actuelle et possibilités

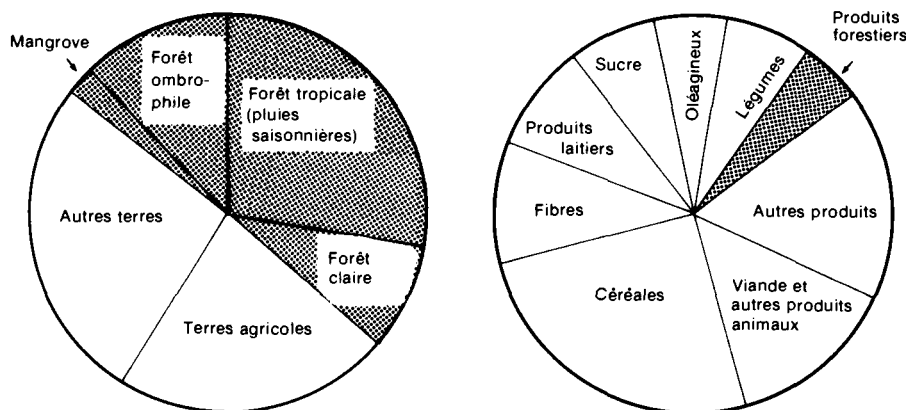
La production primaire nette par hectare de la forêt tropicale n'est que légèrement supérieure à celle de la forêt tempérée en raison du fait que la proportion des grumes utilisables est moindre et que les pertes par respiration et par dégradation biologique sont beaucoup plus élevées (7). Malgré cela, des plantations bien aménagées et bien situées peuvent produire annuellement 40 tonnes de matière sèche ligneuse par hectare. Les forêts naturelles s'accroissent de 6 à 12 t/ha/an dans les tropiques humides, mais seulement de 2 tonnes ou moins dans les endroits secs de la savane.

L'OAA (FAO) évalue à 166 milliards de mètres cubes (Gm^3) le volume du matériel sur pied dans les forêts des P.V.D. (29). L'accroissement annuel total des fûts et des branches serait de l'ordre de $9 Gm^3$, soit environ $4 m^3/ha/an$ (7), ce qui correspond sensiblement à $3 t/ha/an$ de matières ligneuses sèches. En Papouasie-Nouvelle-Guinée, dans des plantations de 10 ans d'*Eucalyptus deglupta*, on a enregistré un accroissement annuel des tiges de $51 m^3/ha/an$.

La forêt tropicale contient la plus grande biomasse de la terre et sa production primaire totale dépasse celle de toute autre zone écologique (27) (voir figure page 23). En plus des fibres ligneuses, elle produit toute une gamme de fruits, de noix, de feuilles, de fleurs, de résines, de gommes, de champignons, de produits apicoles, de substances pharmaceutiques, etc. que l'on peut utiliser comme aliments pour l'homme ou pour les animaux ou à des fins médicales, religieuses, décoratives ou autres.

On estime que, dans les P.V.D., chaque année quelque $860 Mm^3$ ($0,5 m^3$ par personne) de bois servent de combustible et $190 Mm^3$ à des fins industrielles (14). On n'utilise donc qu'une faible portion de la production annuelle de la forêt naturelle, encore que dans beaucoup de régions l'exploitation dépasse dangereusement la croissance.

En 1974, sur une récolte mondiale de bois de quelque $2,5 Gm^3$, 17 % environ sont entrés dans le commerce international. Dans les P.V.D., dont la part du volume total mondial récolté s'élève à environ 40 %, la fraction exportée n'a pas dépassé 6 %. Toutefois, si l'on fait abstraction du combustible qui représente, en volume, 80 % du bois coupé dans ces pays pour ne tenir compte que du bois industriel, environ le tiers du volume abattu dans ces régions a atteint le commerce international (10, 14).



Comparaisons entre les diverses régions forestières tropicales et la valeur des produits de base. A. Répartition approximative des terres tropicales (13, 14); B. Contribution des produits de base à la valeur totale des ressources naturelles renouvelables des P.V.D., 1970 (47).

La plus grande partie du bois industriel provient de la zone équatoriale ou tropicale humide et des mangroves. Le bois de chauffage et de construction constitue la principale production des forêts à pluviosité saisonnière. L'importance de la forêt tropicale comme source de combustible et d'aliments est mal connue et souvent passée sous silence, car les statistiques de production n'en tiennent habituellement pas compte du fait que ces produits sont récoltés et consommés par les populations locales. Selon les chiffres disponibles, les produits de la forêt ne représenteraient qu'à peine 5 % de la valeur des ressources renouvelables produites dans les P.V.D. (On n'a pas cherché, d'autre part, à quantifier les valeurs non consommables de la forêt, comme la protection des bassins hydrographiques et la restauration de la fertilité du sol après des cultures itinérantes.) Même en tenant compte de l'imperfection des données de base, cette contribution semble bien faible pour une zone qui englobe plus de la moitié de la superficie des terres tropicales. C'est là une situation d'autant plus déplorable qu'elle pourrait être grandement améliorée par une bonne gestion des ressources (voir figure page 21).

Récolte du bois

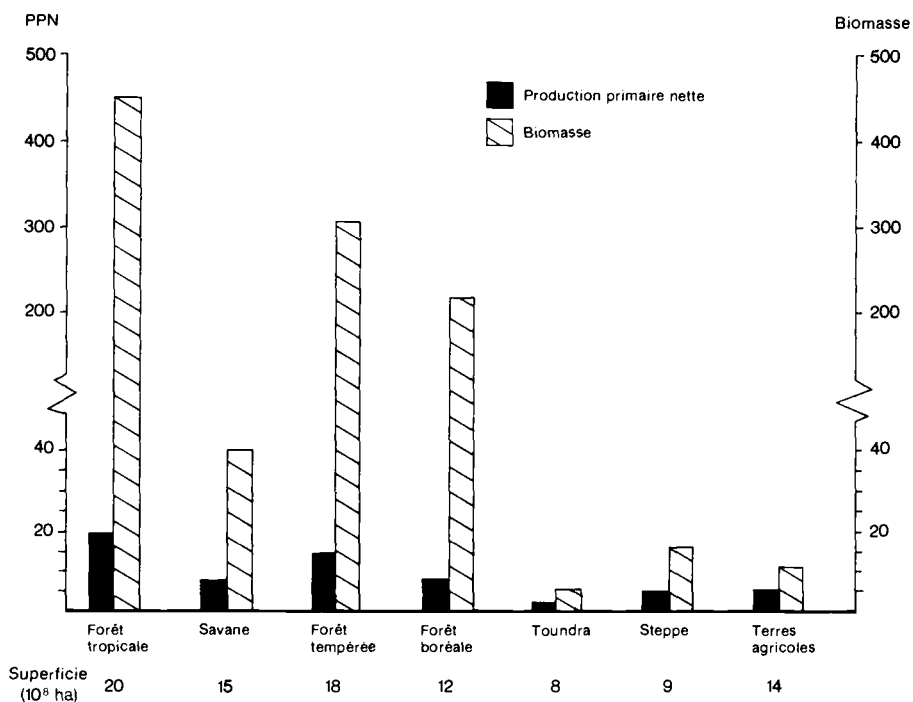
Dans l'ensemble, les méthodes d'exploitation et de transport des produits primaires de la forêt tropicale sont destructives, exigeantes en main-d'œuvre, primitives et inefficaces selon les normes des pays industrialisés. Pourtant, moyennant une formation adéquate de la main-d'œuvre autochtone, la mise en place des infrastructures nécessaires et un apport initial de capital, presque rien ne s'oppose vraiment, sur le plan technologique, à l'adaptation de systèmes appropriés d'abattage et de transport mécanisés à une grande partie des régions forestières tropicales. Les difficultés sont en fait d'ordre économique et social plutôt que technique (26).

... les forestiers doivent assumer une multitude de rôles et intégrer la sylviculture aux autres formes d'utilisation du sol ...

Des recherches s'imposent dans les domaines suivants: la possibilité de "moderniser" les opérations forestières au moyen de techniques exigeant une main-d'œuvre appréciable mais un minimum d'énergie et de capital; le rapport coût/bénéfice; les incidences sociologiques et les conséquences sur l'environnement de la construction des routes et des autres perturbations du couvert végétal et du sol. Le coût des méthodes primitives d'exploitation en usage devient exorbitant et le travail de bûcheron, socialement déprécié, est de moins en moins acceptable; il faut donc absolument améliorer les méthodes de récolte.

Produits du bois

L'inquiétude croissante généralisée concernant les réserves



Production primaire nette (tonnes sèches/ha/an) et biomasse (tonnes sèches/ha) estimatives de divers types de végétation (27). Il est à remarquer que la matière organique totale ou biomasse de la forêt tropicale (quelque $9\,000 \times 10^8$ t) représente près de la moitié de toute la masse végétale et que dans les forêts de la zone tempérée les fûts et les branches constituent plus de 30 % de la production totale de matières sèches, contre seulement entre 15 et 20 % (7) dans la forêt équatoriale.

énergétiques non renouvelables suscite l'examen sérieux des moyens d'accroître le développement des ressources renouvelables et en particulier du bois et de ses dérivés qui, à l'échelle mondiale, en représentent la partie la plus importante: en 1970, ils ont fourni trois fois plus d'énergie que les centrales hydro-électriques et représentent environ 7 % de la consommation mondiale d'énergie (7). Le bois est la principale forme renouvelable sous laquelle l'énergie solaire est emmagasinée.

Près de la moitié du bois coupé dans le monde sert de combustible. Dans les tropiques, 80 % de la coupe annuelle consiste en bois de feu (7), et 90 % de la population en dépend pour ses besoins domestiques (8), le rythme de la croissance démographique dépassant même celui de la forêt dans la majeure partie de la zone tropicale semi-aride. En outre, la hausse des coûts du pétrole tend à détourner plus de bois combustible vers les zones urbaines. Résultat: les coûts du bois et de son transport montent, le fumier, au lieu de servir d'engrais, est de plus en plus employé comme combustible et le déboisement s'intensifie à une cadence désastreuse (8).

Le bois peut être brûlé à l'état naturel et au taux maximum de conversion à des fins domestiques ou pour produire de l'énergie. Il peut aussi être transformé en combustibles à usages plus variés: méthanol, gaz, charbon de bois (7). Ce dernier a bien fait l'objet de quelques recherches, mais il faudrait en savoir beaucoup plus sur la production et l'usage de tous ces combustibles, de même que sur les sources de production de bois combustible: espèces favorables, création et aménagement des plantations de bois à brûler et utilisation des déchets habituellement perdus.

On encourage l'autosuffisance et l'indépendance, tant au niveau individuel que social, par la mise en valeur des ressources renouvelables d'énergie, étant donné qu'elles constituent en général une production à faible intensité, décentralisée et dispersée.

D'après Earl (7) et d'autres spécialistes, l'accroissement annuel des forêts tropicales aurait pu fournir en 1970 un taux d'énergie équivalant à près de la moitié de la consommation énergétique mondiale de toute provenance. Cela nous donne une idée de l'immensité des réserves en énergie renouvelables qui sont inexploitées dans ces forêts et que des pratiques améliorées d'aménagement forestier pourraient encore accroître.

... en 1970, le bois et ses dérivés ont fourni trois fois plus d'énergie que les centrales hydro-électriques ...

Depuis le début, les exportations de bois des P.V.D. se sont faites sous forme de grumes dont la transformation était effectuée dans les pays importateurs développés qui recueillaient ainsi le profit de la valeur ajoutée. Selon l'OAA, le bois rond représente encore en volume 70 % des exportations de bois des pays tropicaux (13). Les nations en voie de développement perdent ainsi les possibilités d'emploi et les précieuses devises étrangères que leur procureraient les industries de transformation secondaires qu'elles pourraient implanter, sans compter l'effet d'entraînement que ces activités exerceraient sur l'ensemble de leur économie (13). Enfin, comme en témoigne l'exemple du Nigeria, une industrie secondaire locale diversifiée est un puissant moyen de promouvoir une meilleure utilisation des essences qui composent la forêt tropicale (37).

Le manque de sources d'énergie et d'autres éléments essentiels au développement industriel qui freine dans certaines circonstances les tentatives de transformation des produits primaires dans les pays d'origine ne doit pas faire obstacle à l'élaboration d'une technologie de l'industrie forestière adaptée aux P.V.D. des tropiques. Il faut donc sans délai effectuer des recherches sur les aspects économiques des industries locales qui utilisent du bois, sur les sciences concernées et sur la formation des travailleurs à tous les échelons (39). De nouvelles techniques d'utilisation des forêts s'imposent de même que la mise au

point de produits nouveaux, et non l'inverse, qui consiste à adapter les bois tropicaux à la technologie des zones tempérées (26). L'industrie alimentaire nous en fournit un exemple avec la mise au point de techniques de panification adaptables à n'importe quel type de blé; autrefois, on cherchait surtout à créer des cultivars se prêtant aux anciennes techniques, puis quelqu'un a eu l'idée d'adapter les techniques de fabrication aux plantes. De la même façon, il faut élaborer des techniques permettant de fabriquer du papier et des panneaux composés à partir du vaste assortiment de plantes ligneuses et herbacées qui poussent sous les tropiques.

L'écrémage systématique (à peine une trentaine d'essences en Afrique) de la forêt en vue de l'exportation entraîne un gaspillage énorme et la dégradation des biens forestiers. Pour éviter ces pertes, pour abaisser les frais de coupe par une récolte plus complète du bois disponible et, partant, accroître les recettes tirées de la forêt, il faut mettre au point des procédés de fabrication exploitables avec des mélanges d'essences de proportions très variables, mais aussi déterminer les propriétés des espèces inutilisées ou sous-utilisées et orienter celles-ci à des fins spéciales ou les substituer aux espèces de plus grande valeur.

La commercialisation des produits de la forêt est un secteur négligé dans les P.V.D. des tropiques (39). Il faut remédier à cette situation, en évitant toutefois de souscrire à cette conception tendancieuse qui fait de la forêt tropicale essentiellement un réservoir de cellulose pour le monde industrialisé. Le développement des marchés est un domaine très vaste qui, par le passé, a échappé aux P.V.D., quoique certains d'entre eux aient créé des offices d'exportation du bois ayant notamment pour mission de réglementer le commerce des produits ligneux et de promouvoir l'utilisation des essences auparavant considérées comme secondaires (13).

Le développement des marchés locaux et régionaux est un préalable à une exploitation efficace de la forêt et à un bon approvisionnement des marchés extérieurs. Le transport maritime coûte cher et ses tarifs sont soustraits au contrôle de la plupart des P.V.D.; en outre ce sont les pays industrialisés qui imposent, au détriment de ces pays, les niveaux de production et les prix. Bref, l'absence de connaissances sur la mise en marché des essences de bois tropicaux entraîne leur mauvaise utilisation (26).

Un pressant besoin de recherches se fait donc sentir sur maints aspects de la commercialisation des produits de la forêt, notamment les mécanismes de l'offre et de la demande de ces produits, les besoins du consommateur, la stabilisation des prix, les stratégies de mise en marché, les tarifs de transport et l'amélioration des réseaux de transport.

Un autre obstacle au développement de grands complexes industriels forestiers tient au fait que la mise en place de l'infrastructure nécessaire exige d'immenses capitaux. Aussi faudra-t-il étudier quels sont les moyens d'utiliser ces investissements et d'en répartir équitablement les coûts pour susciter le développement de secteurs connexes, et quelles sont les techniques d'évaluation que cela implique.

Pâte et papier

La consommation moyenne de papier par tête d'habitant des P.V.D. n'atteint pas 1 % de celle des Etats-Unis, de la Suède ou du Canada. Il n'en reste pas moins que les devises étrangères affectées à l'achat de papier réduisent considérablement les maigres réserves de ces pays; la plupart d'entre eux accordent donc la priorité, dans leurs plans, à la fabrication du papier, mais ne savent malheureusement que faire de divers mélanges de bois durs, qui pourraient pourtant servir à la fabrication de nombreux types de papier.

Si les études de faisabilité ont été nombreuses, rares en revanche ont été les papeteries construites jusqu'ici. En fait, les P.V.D. n'assurent que 6 % de la production mondiale de pâtes et papiers. Aucune des usines existantes n'emploie tous les bois durs de la forêt tropicale, et les rares usines rentables sont celles qui s'alimentent surtout dans les plantations de pin et d'eucalyptus; celles qui se servent du bois de la forêt naturelle se trouvent dans des régions où il n'y a que relativement peu d'essences, ce qui n'empêche pas un gaspillage important de grumes jugées impropres à la fabrication.

Pour des raisons d'économie d'échelle, il est souhaitable que les usines de pâte chimique aient une capacité annuelle de production d'au moins 250 000 tonnes, mais alors leur construction représente des centaines de millions de dollars. Or, souvent, le pays ne peut absorber qu'une fraction de la pâte produite, et il lui faut écouler le reste à bas prix sur le marché mondial.

Production du caoutchouc dans une forêt naturelle (photo OAA).



La plupart des P.V.D. utilisant moins de 100 000 tonnes de papier par an, une solution intéressante consisterait à fabriquer de la pâte thermo-mécanique à partir d'arbres de plantation à fibres longues et à importer le peu de pâte chimique nécessaire. En employant le plus possible de pâte mécanique et le moins de pâte chimique, on pourrait satisfaire sur place tous les besoins en papier journal, en papier à écrire et en papier d'impression et économiser ainsi 75 % ou même davantage en devises étrangères. Une autre possibilité serait de construire une usine de pâte chimique qui approvisionnerait une région, quitte à imposer, au moins au début, des barrières tarifaires pour protéger l'ensemble de la région desservie par l'usine.

Dans certains cas, des sous-produits agricoles comme la bagasse, la paille ou la balle de riz peuvent être transformés par des techniques de l'industrie du bois, en pâte ou en d'autres produits normalement tirés du bois. Il conviendrait d'envisager sérieusement une telle possibilité dans la planification de l'utilisation optimale des ressources.

Produits chimiques, sucre et protéines

Le bois est une matière première à la fois abondante, renouvelable et utile pour la sauvegarde de l'environnement, au moyen de laquelle on peut techniquement fabriquer la plupart de nos plastiques, fibres et caoutchoucs synthétiques. "En perfectionnant un peu la technologie, il serait même rentable, au prix actuel des produits pétrochimiques, d'implanter une usine intégrée qui utiliserait toutes les composantes du bois pour la production d'éthanol, de phénols et de furfural" (17).

Au cours des deux dernières guerres mondiales, de grandes usines transformaient par hydrolyse le bois en sucres comestibles, sur lesquels elles cultivaient des levures pour produire des aliments à haute teneur en protéines pour l'homme et pour les animaux. Ces techniques ne sont pas entièrement concurrentielles avec le coût actuel de la canne à sucre et du tourteau de soja, mais il suffirait de légères améliorations dans le procédé de fabrication, ou encore d'une hausse subite du prix des produits agricoles, pour justifier l'emploi du bois pour la consommation humaine et animale. La digestion du bois en protéines par voie microbiologique constitue une autre approche intéressante dont la réalisation économique semble devoir être imminente.

C'est en 1949 que Egon Glesinger, ancien directeur général adjoint de l'OAA écrivait *The Coming Age of Wood* qui fut à l'époque un succès de librairie. Ses prédictions se sont dans une large mesure réalisées dans les pays industrialisés, mais pas encore dans les tropiques. L'ampleur des améliorations à apporter ressort à l'évidence d'une récente comparaison effectuée par l'OAA entre les exportations de bois de la Finlande et celles de la République du Congo: avec une superficie terrestre et un domaine forestier comparables, et malgré l'avantage climatique du Congo, la valeur des exportations finlandaises était en 1973 soixante fois plus élevée.

Produits non ligneux des arbres

Normalement, les principaux produits de la forêt proviennent de la

partie fibreuse des arbres sous forme de bois rond, scié, équarri ou fendu, de particules ou de pâtes. Il existe, cependant, des centaines de produits qu'on peut obtenir des autres parties de l'arbre. Dans certaines forêts des tropiques, les possibilités de recettes en devises étrangères qu'offrent ces produits ainsi que ceux d'autres plantes et animaux de la forêt sont comparables à celles des produits du bois proprement dit (36). C'est ainsi que dans les hautes forêts du Nigeria, on a recensé 103 essences qui donnent en abondance des produits secondaires de ce genre (37).

Parmi les produits tropicaux qui entrent dans ce groupe, mentionnons les exsudats comme les gommés et le latex, les substances pharmaceutiques, les teintures, les noix comestibles et oléagineuses, les fruits comestibles, les boissons indigènes comme le vin de palme et le lait de coco, les huiles essentielles, les tannins, les feuilles médicinales, les écorces et enfin le fourrage fourni par des arbres comme l'acacia. On a déjà mis au point dans la zone tempérée une technique de production d'aliments pour le bétail (mouka) par chauffage à sec des feuilles d'arbres. La méthode s'avère fructueuse en URSS (25) et son application éventuelle dans les tropiques mérite d'être examinée.

La production de latex à caoutchouc, qui se pratique surtout en plantations, est à coup sûr une industrie importante, mais on la considère plus comme une activité agricole que forestière. Dans les P.V.D., les responsabilités des autorités agricoles et forestières en ce qui concerne la plupart des autres produits non ligneux cités plus haut ne semblent pas clairement définies, ce qui peut expliquer, du moins partiellement, l'absence apparente de recherches à leur sujet dans le secteur forestier. Il convient d'établir une étroite collaboration entre les chercheurs en foresterie et en agriculture afin de ne pas laisser de côté, parce que ses caractéristiques ne s'insèrent pas dans le champ défini de ces deux disciplines, toute plante susceptible d'améliorer la qualité de la vie des P.V.D.

Autre végétation et faune de la forêt

Outre les nombreuses espèces arborescentes qu'elles renferment, les forêts tropicales abritent toutes sortes d'autres espèces végétales et animales. En fait, il n'existe aucun autre écosystème important au monde qui offre une telle multiplicité d'espèces vivantes, même si la plupart sont très dispersées et n'ont qu'une très faible densité de peuplement (35).

Notre connaissance des caractéristiques et des usages des arbres tropicaux est lamentablement insuffisante, et nous en savons encore moins sur les autres formes de vie de la forêt malgré toute leur importance écologique et leurs possibilités d'utilisation. Voici cependant quelques exemples de ce que nous savons: dans un périmètre de 80 000 hectares de forêt ombrophile chevauchant le Costa Rica et Panama, on a recensé 500 à 600 espèces d'oiseaux, quatre fois plus que dans toutes les forêts feuillues tempérées de l'est de l'Amérique du Nord (35); dans les régions à faible pluviosité du Kenya, l'élevage rationnel de gibier sur une aire donnée rapporte six fois autant que celui du bétail tout en causant moins de dégâts à l'environnement (22); en Papouasie-Nouvelle-Guinée, la forêt fournit de grandes quantités d'œufs et nourrit d'innombrables cochons sauvages.

On utilise maintenant, dans une certaine mesure, beaucoup de produits de la flore secondaire et de la faune des forêts tropicales: fruits, racines et autres parties comestibles des végétaux, champignons, fourrages et parfums, teintures et autres extraits, comme l'huile de citronnelle que l'on tire des graminées des clairières, pour ce qui est de la flore. Par ailleurs, la plupart des habitants de la forêt se nourrissent de la chair, riche en protéines, de la faune terrestre et aquatique; la peau de ces animaux leur est aussi d'une grande utilité. Les insectes, pour leur part, donnent la gomme laque du Sud-Est asiatique, principal ingrédient de la laque industrielle, et le miel butiné sur la profusion de fleurs des forêts d'Asie et d'Afrique, qui avec la cire d'abeille, constitue probablement le principal produit non ligneux récolté dans de nombreuses forêts africaines.

*... le miel et la cire d'abeille constituent
probablement le principal produit non ligneux
récolté dans de nombreuses forêts africaines ...*

Il est certain que la recherche dans le domaine de la flore et la faune secondaires aboutirait à une meilleure utilisation de ces nombreux produits ainsi qu'à la découverte de plusieurs autres. Il faudrait approfondir nos connaissances sur la culture des espèces indigènes et explorer la possibilité d'introduire de nouvelles plantes. La sériculture, par exemple, bénéficierait de ces recherches. Il faut aussi prévoir les dangers que comporte la transplantation d'une espèce, comme en témoigne le développement accidentel d'espèces dangereuses d'abeilles africaines par suite d'un croisement avec une espèce sud-américaine.

Les produits secondaires très variés de la flore et de la faune des forêts tropicales forment souvent la base des échanges commerciaux dans ces régions; ils contribuent ainsi à retarder l'exode des populations vers les villes, ce qui constitue une raison suffisante pour encourager leur développement (36).

Valeurs non commerciales de la forêt

Nous avons déjà évoqué un grand nombre des aspects écologiques "passifs" de la forêt tropicale, entre autres son immense influence sur le sol et sur les régimes hydrauliques, ses effets plus discutables sur l'atmosphère et le climat, sa diversité et sa richesse génétiques et la protection vitale qu'elle offre au gibier et aux innombrables autres formes de vie animale. Elle a aussi façonné le développement socio-culturel de l'homme qui l'habitait. Mais grâce surtout au tourisme, la forêt tropicale commence à prendre une nouvelle dimension écologique en satisfaisant la capacité croissante de l'homme à consacrer ses loisirs à la récréation et l'éducation en plein air.

Cet aspect, qui prend de plus en plus d'importance, offre de grandes possibilités aux P.V.D., mais en même temps qu'en augmentent les usages, augmentent aussi les problèmes de gestion et de préservation des

ressources. La foresterie à objectifs multiples est, de fait, une des grandes questions débattues aux assemblées forestières des pays industrialisés, et la coexistence des usages matériels et non commerciaux (principalement la coupe du bois et la récréation respectivement) est une question que le monde en voie de développement doit se poser très sérieusement.

A cet égard, les pays tropicaux ne semblent pas avoir entrepris, ni prévu les recherches nécessaires, malgré les graves conséquences que pourrait provoquer, en détraquant l'équilibre précaire de l'écosystème de la forêt tropicale, une mise en valeur anarchique de ses multiples ressources. Il est indispensable pourtant de classer les terres selon leur vocation optimale et de conserver des zones convenables comme réservoir génétique ou pour d'autres fins scientifiques et culturelles (34). Or, cela ne saurait se faire sans prospection et recherche préalables.

Obstacles à la mise en valeur des ressources forestières

Il est évident que l'utilisation des ressources de la forêt tropicale comporte de nombreux aspects sur lesquels il nous faut recueillir sans tarder plus de documentation si l'on veut que les P.V.D. profitent de tous les avantages que peuvent leur procurer leurs forêts. Il y a toutefois certaines limites à l'accroissement de la production, de la transformation et de la vente des produits de la forêt ainsi qu'au choix des méthodes à appliquer et au rythme de réalisation de tous ces objectifs. Pour une très large part, ces obstacles tiennent à l'état actuel de nos connaissances, très incomplètes, sur les caractéristiques des ressources forestières, aux niveaux de développement sociologique et institutionnel, et à notre ignorance des moyens les plus efficaces d'amener les responsables à mettre en application de bonnes méthodes d'aménagement du territoire. Là encore, il s'agit de domaines qui exigent des recherches plus approfondies et dont nous étudierons brièvement quelques-uns des aspects les plus épineux.

Considérations socio-économiques

Dès l'aube de la civilisation, l'homme a attribué à la forêt des pouvoirs et caractères mystiques. Encore aujourd'hui, elle demeure pour beaucoup le royaume des esprits et pour d'autres le séjour des âmes des générations futures. Quelques tribus enterrent leurs morts dans les arbres, et les forêts sacrées sont en même temps le réconfort du paysan et l'inspiration du philosophe ou du poète.

Au contraire, d'autres civilisations se sont adonnées de plus en plus au déboisement, à tel point que l'homme en arriva à voir dans la destruction des arbres un acte ne tirant pas à conséquence, et mieux encore un but, une marque de progrès, une conquête de la nature.

Au cours des siècles, l'homme a déployé beaucoup d'énergie à modifier l'écosystème forestier naturel pour se procurer aliments, vêtements et abris, ainsi que certains services et agréments. Etant donné

la rapidité de l'accroissement démographique dans les tropiques et le besoin de relever le niveau de vie des nombreuses populations déshéritées qui y vivent, il faut s'attendre à un usage plus intensif des forêts tropicales. D'autres pressions en ce sens s'exercent en raison du potentiel économique que représentent les immenses réserves de bois d'œuvre qu'elles renferment et du potentiel agricole apparent — souvent trompeur — qu'on attribue aux terres qu'elles occupent.

Inévitablement, les changements vont s'accélérer au cours des vingt-cinq prochaines années. Même si les populations indigènes qui habitent la forêt désirent conserver leur mode de vie traditionnel, il sera très difficile de freiner cette évolution sous la poussée croissante des pressions économiques et des pénuries de ressources.

On craint de toutes parts que l'exploitation plus intensive de la forêt tropicale n'entraîne sa dégradation et cette inquiétude s'exprime dans les recommandations présentées en 1972 à Stockholm, à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain, dans la priorité réservée aux écosystèmes de la forêt tropicale par le programme de l'UNESCO "l'Homme et la Biosphère", et plus récemment dans une série de conférences de l'UICN visant à préciser les grandes lignes de l'utilisation et de la mise en valeur des forêts tropicales. Le risque subsiste cependant que les avantages économiques à court terme l'emportent sur les conséquences néfastes à longue échéance, surtout en ce qui concerne la population indigène des forêts. Les intérêts, attitudes et souhaits des autochtones, des politiciens régionaux ou nationaux, des experts scientifiques internationaux, des entreprises privées et des entrepreneurs étrangers ne concordent pas nécessairement. Il n'est que trop facile d'oublier, au nom du progrès, les besoins des populations autochtones.

En conséquence, qu'il s'agisse d'élaborer et d'appliquer de nouveaux systèmes d'aménagement des terres ou d'utiliser à une plus grande échelle les systèmes existants, il importe de prendre en considération les répercussions sociales et économiques sur des populations locales qui ne tiennent peut-être pas à changer de mode de vie et qui rejettent les normes et valeurs occidentales. Nous avons peut-être beaucoup à apprendre de ces gens qui se sont adaptés à l'écosystème de la forêt tropicale et exigent peu de leur environnement. Il faudra donc les intégrer au processus de prise de décisions qui remodelera des territoires qu'ils occupent depuis des générations.

La santé des populations indigènes est un autre aspect du problème. Il est évident que beaucoup d'habitants des forêts subiraient un choc culturel si la conversion à un nouveau style de vie s'opérait trop rapidement. En outre, la fragmentation de la forêt par le défrichement pourrait provoquer la diffusion de maladies, comme la malaria, auxquelles les indigènes n'ont que peu de résistance du fait qu'ils n'y ont pas été exposés auparavant.

Il y a bien d'autres facteurs socio-économiques à considérer. Ainsi, quel sera l'effet d'une plus grande prospérité et du passage à un système d'exploitation agricole plus intensif sur les relations au sein de la famille et de la tribu, sur la structure sociale de la collectivité et sur les cérémonies religieuses reliées à la forêt et à ses produits? Dans quelle mesure les

nouveaux colons pourront-ils être assimilés? L'urbanisation en sera-t-elle accrue, de même que le coût des infrastructures? Quelle proportion des revenus procurés par l'utilisation plus intensive du territoire percevra la population indigène et comment la dépensera-t-elle?

Dans beaucoup de P.V.D., le travail forestier est considéré comme une activité abaissante, rétrograde, d'autant que les salaires y sont peu élevés, comparativement à ceux des emplois de bureau vivement convoités, et que la marge d'initiative laissée au personnel œuvrant sur le terrain est pratiquement nulle.

... dans des pays où presque toutes les énergies doivent être consacrées à la quête de nourriture pour le lendemain, il est difficile de conserver et d'orienter les ressources en fonction des générations futures ...

Le régime de propriété des terres forestières, qu'elles appartiennent à la tribu qui les redistribue périodiquement ou à un gouvernement éloigné, influe sur la volonté de protéger la forêt et d'y faire les investissements à long terme nécessaires à son exploitation. Dans des pays où presque toutes les énergies doivent être consacrées à la quête de nourriture pour le lendemain, il est difficile de conserver et d'orienter les ressources en fonction des générations suivantes.

La mise en application de bons systèmes d'aménagement forestier et le développement des industries qui en naissent sont conditionnés par l'évolution de ces attitudes. De même, les progrès de la technologie ne peuvent être bénéfiques que si l'homme est apte et prêt à les assimiler. Ainsi, il peut être sage de remplacer la machette par des haches ou des scies manuelles bien conçues avant de passer à la scie mécanique.

Il faut nous interroger sur la nature et la motivation du comportement de l'homme à l'égard de la forêt et nous demander si nous devons l'inciter à adopter une attitude plus positive envers elle et les travaux forestiers, et si oui, comment y parvenir le mieux?

Inventaires forestiers et classification des terres

La saine gestion d'une ressource donnée suppose au départ une connaissance suffisante de son étendue et de sa nature. A cet égard, le retard est considérable en ce qui concerne la forêt tropicale. A peine 10 % de sa surface totale a été inventoriée et la plupart des relevés existants sont incomplets (13) du fait surtout qu'on ne tient généralement aucun compte des espèces dont la valeur réelle n'a pas encore été établie. Toutefois, il s'agit là d'une évaluation globale, car les inventaires varient grandement selon les régions. En Afrique, par exemple, le chiffre des forêts tropicales inventoriées est bien supérieur à 10 %.

On admet de plus en plus qu'il faut inclure dans les inventaires forestiers certaines données sur l'utilisation du sol et les domaines connexes, par exemple la densité estimative de population, l'importance et les types de culture itinérante, ainsi que la durée de la jachère, la répartition des arbres "alimentaires", et l'accessibilité de la forêt par rapport aux centres démographiques (38).

C'est toutefois la classification des terres selon leur vocation éventuelle (agriculture, forêt, réserve de faune ou récréation) qui apparaît essentielle pour une exploitation diversifiée des ressources, seul moyen de réaliser l'affectation optimale des terres dans les plans de développement (34). Il est extrêmement important que dans les décisions, en grande partie politiques, qui régissent l'occupation des sols, on tienne compte tout autant de leur vocation que des facteurs sociaux et économiques, lesquels constituent souvent le principal, voire le seul critère. Or, les études sur l'utilisation et la vocation des terres, qui sont très complexes et font appel à de nombreuses disciplines scientifiques, progressent encore plus lentement en zone tropicale que les inventaires forestiers.

On a cependant réussi depuis peu à améliorer grandement la précision des inventaires forestiers et des relevés sur l'utilisation et la vocation des sols, ainsi qu'à en abaisser le coût, grâce aux nouvelles techniques de télédétection, qui sont certainement appelées à jouer un rôle de plus en plus important. Quoique ces techniques soient en général déjà au point, il reste à les adapter au milieu tropical où les différents types de forêts sont plus difficiles à distinguer du haut des airs. Pour être efficaces, les méthodes de classification doivent être simples et les instruments qu'on utilise sur le terrain d'usage relativement facile. Par ailleurs, ce sont les organismes locaux qui sont normalement les mieux en mesure de mener à bien des relevés qui exigent une connaissance approfondie d'une région en particulier.

Effets écologiques de l'action de l'homme sur la forêt

On n'insistera jamais trop sur les effets écologiques de l'action de l'homme sur la forêt; en particulier, il faut:

- 1) constituer une documentation beaucoup plus complète sur l'influence de la forêt (vierge ou aménagée) sur tous les autres éléments des écosystèmes tropicaux, et son interaction avec ceux-ci;
- 2) intensifier la recherche sur les moyens de contrôler et de prévoir les conséquences de l'abattage de la forêt ou de toutes autres perturbations qu'elle subit, ainsi que sur la répercussion de ces changements sur les caractéristiques socio-culturelles et le comportement de l'homme (55);
- 3) étudier les possibilités qu'offre la forêt de réparer les dommages déjà infligés aux écosystèmes tropicaux, par exemple la fixation des dunes (23), en vue spécialement d'enrayer la désertification.

De toute évidence, l'exploitation non planifiée, tout comme la mise en œuvre de plans d'aménagement impliquant des modifications du



Le reboisement permet d'enrayer l'érosion (photo OAA).

couvert forestier sans égard aux conséquences éventuelles, pourrait aboutir à des résultats graves, voire à un désastre.

Structures institutionnelles et leur importance

Les installations et les services que fournissent le gouvernement et les institutions d'enseignement et de recherche influent fortement sur le rythme auquel pourra se faire la mise en valeur des forêts d'un pays, pour le plus grand bien à long terme de sa population. Ils sont aussi déterminants pour son succès, si leur influence sur les responsables des décisions est assez grande pour amener ceux-ci à utiliser et appliquer les résultats dans la pratique. Les principaux éléments de ces structures institutionnelles demandent à être évalués avec soin.

Politique forestière

L'élaboration d'une sage politique forestière est un processus essentiel qui est long, onéreux, pénible et ne contribue guère à la popularité des hommes d'Etat. Pendant des siècles, les politiques forestières n'ont visé qu'à empêcher les empiètements abusifs. Dans les tropiques, où la terre est une ressource limitée et à multiples usages, elles devront prévoir et assurer son utilisation pour le plus grand bien des populations concernées (52).

L'établissement de lois-cadres comportant une politique forestière est une tâche de première importance. La législation actuelle étant inadéquate et disparate dans la plupart des P.V.D., une mise à jour et une

coordination s'imposent, qui doivent s'appuyer sur des recherches sérieuses dans de nombreux domaines (39).

Administration forestière

Maints pays éprouvent beaucoup de difficulté à faire respecter la maigre législation forestière existante. Comme on l'a déjà souligné, il faut d'abord convaincre les gens qu'il y va de leur propre intérêt d'observer la loi, plutôt que de la leur imposer à coup de punitions. Par ailleurs, les projets visant l'amélioration de la forêt avortent bien souvent, à cause d'une mauvaise administration ou encore de l'incapacité ou du refus des forestiers de collaborer étroitement avec d'autres spécialistes. L'un des premiers buts est donc d'assurer aux services et aux pouvoirs forestiers une organisation adéquate, un personnel suffisant et qualifié, un financement et un appui satisfaisants (39). La recherche doit aussi viser à développer les relations pluridisciplinaires.

Education et formation des forestiers

Dans les P.V.D., la rémunération des forestiers est souvent inférieure à celle des autres professions et par le fait même, peu de gens s'engagent dans cette voie. Le manque de personnel bien formé, à tous les niveaux (spécialistes, techniciens et manœuvres) freine l'application des techniques connues et la mise au point de nouvelles pratiques mieux adaptées aux tropiques. Il est urgent de faire le point sur les organismes d'enseignement, leurs programmes et l'orientation des étudiants à chacun des trois niveaux d'enseignement (39). La formation doit se faire sur une base régionale, en relation plus étroite avec les besoins opérationnels et les travaux de recherche (49). Beaucoup de P.V.D. se sont en fait contentés d'adopter les programmes d'enseignement des nations industrialisées, qui sont pourtant loin de toujours leur convenir; aussi devra-t-on s'efforcer de créer un système d'enseignement plus conforme à leurs besoins.

Recherche forestière

Des milliers de scientifiques et des centaines d'institutions du monde entier se penchent sur les moyens d'accroître les bienfaits économiques et sociaux de la forêt. Les priorités locales, la spécialisation des chercheurs et souvent leur goût personnel déterminent le choix des projets de recherche parmi une multitude de problèmes à régler.

... une difficulté majeure vient du manque de communication parmi les chercheurs d'une part, et entre ces derniers et ceux qui seront chargés d'appliquer les résultats de ces recherches, d'autre part ...

L'organisation de la recherche forestière est affligée de nombreuses difficultés qui, dans les tropiques, atteignent un point culminant (51). Il

faut absolument centrer les efforts sur les travaux clés vraiment importants et offrant de réelles chances de succès, en tenant compte du temps nécessaire pour atteindre les objectifs visés, de la portée et des répercussions des résultats ainsi que des difficultés qui peuvent découler de la mise en œuvre de ceux-ci. Tout comme dans le domaine de l'enseignement, il semble qu'on doive s'orienter vers un programme international de recherche coordonné pour les diverses zones écologiques (24). C'est une solution qui mérite un examen attentif. Etant donné l'extrême importance de la combinaison des productions agricoles et forestières dans les tropiques et la similitude d'une grande partie des connaissances de base qui s'y rattachent, il est urgent d'intégrer les programmes de recherche et de formation forestière et agricole.

Une difficulté majeure, qui d'ailleurs n'est pas l'apanage du Tiers-Monde, vient du manque de communication parmi les chercheurs d'une part, et entre ces derniers et ceux qui seront chargés d'appliquer les résultats de ces recherches, d'autre part. Il faut déplorer en particulier le manque de manuels modernes sur l'aménagement de la forêt tropicale. Il est indispensable de rassembler et de coordonner tous les résultats de la recherche et de les communiquer à tous les intéressés: chercheurs, techniciens, gouvernements et populations. De plus, les programmes de recherche doivent être intégrés aux projets de mise en valeur, de sorte à vraiment correspondre aux besoins de chaque pays (24).

La mise en application sur le terrain des connaissances nouvelles

Dans la plupart des P.V.D., à peine la moitié des connaissances acquises sont mises en pratique (6); cependant, certains pays ont trouvé des méthodes d'application rapides et efficaces des résultats de recherche.

Le moyen le plus rapide d'aider les populations de ces pays consiste probablement à découvrir la meilleure façon d'utiliser les connaissances disponibles, plus particulièrement en ce qui a trait à l'intégration de l'agriculture et de la foresterie (32). Les bons services de vulgarisation agricole sont rares dans le Tiers-Monde, et ils sont pratiquement inexistantes en ce qui concerne la sylviculture (24). Pourtant, ils pourraient jouer un rôle clé dans la transmission des connaissances à ceux qui travaillent sur le terrain, professionnels, techniciens ou simples cultivateurs.

Besoins et priorités en matière de recherche

L'avenir de la forêt tropicale est devenu un sujet de préoccupation de premier plan. Le rôle des arbres dans la protection et l'amélioration de l'environnement est aujourd'hui universellement reconnu et les populations commencent à saisir toute la valeur économique d'une source éminemment productive et renouvelable de produits forestiers extrêmement variés. Les travaux de la forêt sont en outre créateurs d'emplois, ce qui ouvre un débouché à la main-d'œuvre excédentaire en prévision des années maigres et des générations futures. "L'interdépendance de la

foresterie et de l'agriculture est acceptée comme le fondement écologique de la production alimentaire dans les tropiques" (38).

Compte tenu de ces considérations et du cadre assigné à cette étude, notre but a été double: tout d'abord déterminer les initiatives et mesures susceptibles de mener, d'ici 5 à 10 ans, à une amélioration sensible des conditions de vie et du bien-être des populations rurales, et ensuite décrire le genre de structure de recherche répondant le mieux à la poursuite de ces fins.

Nous avons passé en revue le potentiel de la forêt tropicale et recensé 23 domaines que nous considérons de la plus haute importance et qui sont énumérés en page 38 sans égard à leur degré de priorité. L'importance de chacun de ces domaines a été mesurée selon des critères établis en consultation avec des cadres supérieurs qui possèdent une longue expérience professionnelle des ressources renouvelables de différentes parties du monde en voie de développement (voir page 40, pour les critères utilisés).

Puisque dans les tropiques les arbres peuvent pousser dans les forêts naturelles, dans les plantations ou dans le cadre d'exploitations agricoles, il sera opportun d'analyser, pour chacune de ces trois formes, les priorités et les perspectives de recherches fructueuses.

La forêt naturelle

On est souvent tenté de percevoir la forêt naturelle, dans son hétérogénéité, comme un réservoir où l'on pourra puiser pour compléter l'approvisionnement en bois d'œuvre des pays de la zone tempérée. Aussi les recherches actuelles, le plus souvent parrainées ou dirigées par des experts étrangers, visent-elles en premier lieu à accroître la proportion de gros bois exportable. Plusieurs organismes essaient actuellement de mettre au point des techniques permettant l'utilisation d'une large gamme d'essences dans la fabrication du papier, de panneaux et de charpentes, et de grouper différents bois, de façon à faciliter, à l'intérieur d'un même groupe, la substitution d'une essence à une autre pour le même usage. Ces travaux ont déjà commencé à porter fruit: de 1968 à 1974, la valeur des exportations de produits forestiers par les pays tropicaux a triplé et elle devrait encore augmenter (14). A l'heure actuelle, 10 % en moyenne des arbres de la forêt équatoriale ont une valeur marchande et il semble que cette moyenne passera à 30 % d'ici l'an 2000.

Toute intervention dans la forêt, que ce soit par l'homme, les bêtes ou les phénomènes naturels, modifie son caractère mais pas d'une façon entièrement prévisible. A quelques exceptions près, nous sommes incapables d'accroître dans la zone équatoriale la proportion de certaines essences recherchées. Le cycle des éléments nutritifs, la microfaune et la microflore du sol, les mécanismes de photosynthèse de la forêt pluri-étagée, la physiologie des semences, etc. sont quelques-uns des aspects qu'il nous faudra mieux comprendre avant de pouvoir rassembler les pièces du casse-tête et élaborer des systèmes fonctionnels d'aménagement. L'UNESCO, par l'entremise de son programme "l'Homme et la Biosphère", et d'autres institutions parrainent des recherches qui, sans nul doute, nous éclaireront davantage sur les

Secteurs problèmes de la foresterie tropicale

1. Méthodes d'inventaire forestier.
2. Classification des terres forestières tropicales en vue de leur utilisation optimale.
3. Influence de la forêt (hydraulique, conservation du sol, etc.).
4. Conséquences de diverses pratiques de gestion et de récoltes de la forêt sur l'écosystème (sols, eau, faune naturelle, etc.) ainsi que sur l'utilisation subséquente du sol.
5. Systèmes de sylviculture: a) mini-rotation; b) régénération naturelle ou artificielle.
6. Protection des forêts contre le feu, les insectes et les maladies.
7. Systèmes de production associant les cultures annuelles, les arbres, l'élevage et/ou la pisciculture: a) en zone tropicale humide; b) dans les savanes.
8. Restauration de la végétation dans les zones semi-arides et protection contre le surpâturage.
9. Sélection et amélioration des arbres.
10. Recensement des arbres forestiers sous-utilisés.
11. Méthodes d'abattage et de transport du bois.
12. Le bois comme source d'énergie, d'aliment pour l'homme et les bêtes, et de produits chimiques.
13. Utilisation des essences moins connues et des mélanges de bois durs tropicaux.
14. Produits non ligneux de la forêt.
15. Mise au point de techniques d'usinage du bois adaptées aux pays en voie de développement.
16. Commercialisation des produits de la forêt et encouragement de leur emploi.
17. Aspects écologiques de la forêt relatifs au tourisme, aux loisirs, à la faune terrestre et aquatique.
18. Politique forestière.
19. Administration forestière.
20. Organisation de l'enseignement et de la formation en foresterie.
21. Comportement de l'homme envers la forêt.
22. Organisation de la recherche forestière.
23. Mise en application des résultats de la recherche.

Notre tâche consistait à dresser la liste des principales lacunes de la recherche forestière et non à établir un quelconque ordre de priorité, dont la valeur serait d'ailleurs douteuse puisque les besoins de la recherche varient beaucoup selon les conditions sociales, économiques, écologiques et géographiques. De plus, un tel classement serait extrêmement subjectif et refléterait inévitablement la formation, l'orientation et l'expérience du groupe qui l'aurait préparé.

mécanismes extrêmement complexes de la forêt tropicale. On ne saurait encore prédire le rythme de progrès de ces travaux, mais il semble bien qu'il sera lent.

Il est encore plus difficile de modifier les attitudes courantes des populations que de comprendre et maîtriser les mécanismes biologiques de la forêt tropicale. Le concept de propriété privée est étranger à la

presque totalité du monde en voie de développement. L'occupation du sol est souvent temporaire, les terres tribales étant régulièrement redistribuées pour assurer à tous un traitement égal et pour empêcher quiconque de devenir trop puissant. Si quelques forêts sont contrôlées par l'Etat, ce contrôle est plus théorique que réel; les gardes forestiers chargés de l'application des règlements s'en acquittent à contrecœur et sans guère de succès. Dès que la forêt devient accessible, notamment par la construction de routes, des colons s'y précipitent pour pratiquer la culture itinérante sur brûlis, car un paysan sans terre est une force que rien n'arrête. Les réformes agraires, les plantations en Taungya et d'autres formes d'attribution de terres ne sont que des remèdes à court terme dans un monde où la population s'accroît chaque année de 80 millions d'habitants.

Sauf peut-être dans des circonstances spéciales, comme la protection des réservoirs hydrauliques, et sur les pentes abruptes, l'avenir de la forêt naturelle couvrant de grandes superficies et exploitée en vue d'une production soutenue semble compromis dans les tropiques.

La forêt artificielle

Les pays de la zone tempérée voient dans la forêt une source de grande quantité de bois uniforme, utilisable comme combustible ou pour l'industrie et l'application la plus efficace de ce concept dans les tropiques se traduit par la création de plantations composées d'une ou de quelques essences. On peut ainsi maintenir une production annuelle de 10 à 30 tonnes de bois sec par hectare, soit 3 à 10 fois plus que dans une forêt naturelle, mais pendant combien de temps? La végétation tropicale se signale par sa grande variété, en continuelle évolution, particulièrement dans la forêt humide, et les monocultures lui sont étrangères. Il est sans doute possible d'adapter à la monoculture du bois les techniques mises au point pour les cultures vivrières comme le blé, le riz, le maïs et le manioc, à condition de ne pas oublier que même si l'on réussit à accélérer le taux de croissance des arbres, il faut encore 5 à 20 ans et même davantage pour qu'ils atteignent un volume marchand. Cet intervalle plus long multiplie énormément les risques, et les effets à long terme de la forêt artificielle sur la productivité et l'écologie de la région sont encore peu connus. Néanmoins, dans plusieurs régions, on a réussi à faire deux ou trois rotations en monoculture forestière.

Des organismes nationaux et internationaux ainsi que le secteur privé investissent des fonds considérables dans les plantations, de même que dans les recherches visant, d'une part, à sélectionner les essences avantageuses et, d'autre part, à améliorer les techniques de plantation, la gestion, la protection, la récolte et l'utilisation des bois. Cependant, à peine 1 % des forêts tropicales est à l'heure actuelle créé par l'homme et, compte tenu du coût élevé de l'implantation et des risques écologiques qu'elle comporte, il est peu probable que cette proportion dépasse 2 % d'ici l'an 2000.

Agroforesterie

On entend par agroforesterie un système rationnel d'aménagement

des terres qui, tout en visant à accroître la production globale, associe, simultanément ou successivement, les cultures agricoles à celles des arbres et plantes de la forêt et à l'élevage, en mettant en œuvre des techniques compatibles avec la culture et les traditions de la population locale.

L'arbre est la végétation naturelle dominante dans presque toute la zone intertropicale et, à de rares exceptions près, doit le rester si l'on veut que la terre puisse servir au mieux les intérêts de l'humanité. En effet 11 % seulement du sol se prêtent au labourage à la charrue (1), et un quart est trop aride pour produire une récolte. En revanche, les autres terres, soit plus de la moitié de la superficie des tropiques, bien que trop sèches, trop rocheuses ou trop escarpées pour être classées dans les terres arables, conviennent à l'agroforesterie.

Dans presque toutes les régions tropicales, c'est en combinaison que les arbres et les cultures agricoles produisent les meilleurs résultats. Depuis toujours, les hommes se sont servis des arbres comme source d'aliments pour eux et leur bétail, ainsi que pour conserver la productivité

Critères utilisés pour l'évaluation des priorités

1. Dans quelle mesure les recherches proposées peuvent-elles contribuer au bien-être socio-économique et écologique des populations des tropiques, et en particulier freiner la migration vers les villes et les zones de colonisation?
2. Quelle est l'envergure du projet de recherche sur le plan géographique et démographique (population visée)?
3. Dans quelle mesure le projet de recherche répond-t-il à un besoin réel dans la région?
4. Dans quelle mesure les recherches dans ce domaine sont-elles actuellement négligées ou privées de coordination?
5. Les connaissances disponibles sont-elles suffisamment organisées et diffusées?
6. A quel point ces connaissances se prêtent-elles à la formulation d'un ou de plusieurs projets vraiment centrés sur le problème?
7. Dispose-t-on d'installations convenables et de personnel qualifié dans les institutions de recherche existantes nationales ou internationales? a) pour la recherche; b) pour mettre en application les résultats.
8. Sinon, dans quelle mesure est-il possible de fournir les installations et de former le personnel?
9. Existe-t-il des techniques faciles à transposer dans le cadre culturel des populations visées?
10. Est-ce que l'échéancier prévu pour obtenir des résultats valables est réaliste en regard de l'objectif choisi, par exemple un délai de 5 à 10 ans pour retirer des avantages substantiels de l'application des résultats de la recherche?
11. En quoi la recherche est-elle plus importante que l'application des connaissances actuelles pour la solution du problème?
12. Les applications de la recherche auront-elles un effet néfaste sur d'autres ressources naturelles?

du sol. En zone équatoriale, l'arbre constitue la culture la plus productive et n'extrait que peu d'éléments nutritifs du sol. Dans les zones très sèches, des arbres à enracinement profond comme l'algaroba (*Prosopis*), le caroubier (*Ceratonia*) et l'anacardier (*Anacardia*) peuvent produire quantités de fruits nourrissants là où rien d'autre ne pousse. Entre ces deux extrêmes climatiques, on peut combiner avec discernement les arbres, les cultures agricoles et l'élevage de manière à tirer parti des conditions de croissance favorables et à être moins vulnérable aux contraintes des tropiques, qu'elles soient d'ordre biologique, social ou économique.

La terre est une ressource rare et qui a tendance à le devenir de plus en plus sous la pression inexorable de l'accroissement démographique. Il faut deux à trois kilomètres carrés de forêt vierge pour alimenter une personne, alors que les vieilles méthodes éprouvées de culture itinérante peuvent produire assez pour en nourrir 30 à 50 par kilomètre carré. Par comparaison, une même surface de rizière inondée peut alimenter jusqu'à 700 personnes.

Un des objectifs de l'agroforesterie est de "domestiquer" et d'améliorer la pratique de la culture itinérante de façon à maximiser une production soutenue sur des terres plus pauvres, que ce soit sous forme d'aliments pour l'homme ou les bêtes, de combustible, de bois de construction ou de produits qu'on peut vendre. On vise aussi à mettre en culture des endroits auparavant improductifs.

... il est encore plus difficile de modifier les attitudes courantes des populations que de comprendre et maîtriser les mécanismes biologiques de la forêt tropicale ...

Au cours des derniers siècles, la production alimentaire s'est orientée vers une spécialisation toujours plus poussée. Ainsi, la foresterie et la production des aliments se sont dissociées à un point tel que les études sur les arbres dont le principal usage n'est ni le bois d'œuvre ni le bois de chauffage, ou sur ceux qui ont des usages multiples comme le caoutchouc, sont rattachées à d'autres disciplines. Il n'y a pas si longtemps, quand les greniers des pays industrialisés regorgeaient de grains et qu'on avait des surplus d'engrais et d'énergie, la recherche portait principalement sur l'amélioration des cultures tropicales d'exportation comme le café et le cacao. Le forestier des tropiques, soucieux de conservation et de production de gros bois, partit en guerre contre l'agriculteur et sa méthode de défrichement "par le fer et par le feu".

Mais tout cela a changé: l'autosuffisance sur le plan alimentaire est devenu l'objectif numéro un et la possibilité que l'exploitation des arbres fasse passer la proportion des terres tropicales productrices d'aliments de 25 à 75 % a pris une grande importance. Toutefois, on ne saurait encore

évaluer jusqu'à quel point les arbres peuvent produire d'abondantes récoltes d'aliments pour l'homme et les bêtes, et d'autres biens encore, sur des terres marginales, dans des conditions météorologiques extrêmes, et cela, sans aucun dommage pour l'environnement.

Une étroite collaboration s'impose entre l'agronome et le forestier pour bien utiliser les arbres en association avec les autres cultures et avec l'élevage. Il faut que l'enseignement de la foresterie tropicale couvre tous les types d'arbres et tous les aspects de la production forestière. Une meilleure connaissance du potentiel des arbres conduira à réexaminer leur mode de groupement selon leurs différentes utilisations. L'exploitation peut s'étendre à toutes les catégories de forêts, de la légendaire jungle impénétrable aux peuplements clairsemés laissant assez de place entre les arbres pour le pâturage et des cultures intercalaires.

L'information sur les arbres et leur interaction avec les cultures et le bétail est abondante en plusieurs endroits; elle est parfois soigneusement enregistrée et étagée par une documentation solide. Il faut néanmoins recueillir d'autres informations sur le terrain et les vérifier ensuite. Par ailleurs, il est amplement établi que l'usage des arbres de concert avec l'agriculture et l'élevage se pratiquait déjà il y a des millénaires, mais une partie de ces connaissances a été oubliée. L'étude de l'histoire devrait donc nous fournir de précieuses indications à cet égard.

... on peut pratiquer l'agroforesterie sur plus de la moitié des terres dans les tropiques, même si elles sont trop sèches, trop rocheuses ou trop escarpées pour être classées dans les terres arables ...

L'information recueillie devra être mise à l'essai sur différents sols de diverses zones écologiques puis transmise aux dirigeants, aux experts, aux techniciens et aux agriculteurs. Ces derniers devront apprendre à l'adapter à leurs conditions particulières.

La reconstitution et l'examen des pratiques actuelles fera, sans nul doute, ressortir des lacunes importantes dans nos connaissances, ainsi que des possibilités d'amélioration. Les recherches dans ce domaine devront être confiées par contrat aux organismes nationaux et internationaux compétents. Quelques-uns des instituts de recherches agricoles se rendront compte qu'ils ont plus de chances d'atteindre leurs objectifs en incluant la végétation ligneuse dans leurs instruments de travail. Le Centre international pour l'agriculture tropicale (CIAT) en Colombie pourrait, par exemple, envisager d'augmenter la production de bœuf dans les llaños d'Amérique latine par la plantation d'arbres s'accommodant de sols acides. Ces arbres apporteraient aux pâtures l'engrais organique de leur litière, et leurs feuilles et gousses pourraient au besoin servir d'aliments pour les animaux. Ils procureraient de l'ombre au bétail, protégeraient le sol de l'érosion par le vent ou par l'eau, amélioreraient le débit des cours d'eau et bien sûr produiraient des fruits, du combustible et des piquets de clôture.



L'agroforesterie améliore l'utilisation des terres tropicales (photo OAA).

L'Institut international pour l'agriculture tropicale (IITA) au Nigeria, après des années d'essai sur l'emploi des débris végétaux pour protéger le sol nu entre les rangs de culture agricole, en est venu à la conclusion que les arbres feraient mieux l'affaire. A présent, le professeur Bede H. Okigbo, directeur adjoint chargé du programme de recherche sur les systèmes de production agricole, souhaite non seulement réintroduire les arbres dans le mode d'exploitation comme moyen de protection du sol, mais il recherche aussi des arbres susceptibles d'enrichir le sol et de compléter la production des cultures agricoles.

Au Costa Rica, le Centre de recherche et de formation pour l'agriculture tropicale (CATIE) se propose de regrouper les efforts de ses départements d'agriculture, d'élevage et de foresterie en vue de trouver les moyens d'accroître au maximum la production des petites fermes en zone montagneuse à forte pluviosité.

En Inde, l'Institut international de recherches sur les cultures des régions semi-arides (ICRISAT) pourrait chercher à établir quelles essences d'arbres l'on devrait planter dans les zones semi-arides pour la production de fourrage et de bois de chauffage. De nos jours, environ 75 % du fumier de vache est brûlé comme combustible (bouses séchées) alors qu'il pourrait servir à améliorer la fertilité du sol.

D'autres institutions nationales et internationales ont les ressources nécessaires et le désir de combler les lacunes de nos connaissances sur la combinaison de systèmes de production dans diverses zones écologiques. Aucun institut ne peut à lui seul trouver toutes les réponses à un seul endroit, et les avantages que représentent les systèmes de production combinés ne sont pas restreints aux zones tropicales. Par exemple, des études sont en cours au Canada sur l'association de peupliers à des cultures agricoles: pomme de terre, navet, courge et mélilot (31).

La forêt naturelle tropicale constitue un vaste et précieux réservoir génétique. Il faut donc recenser les arbres apparemment sous-utilisés, les mettre à l'essai dans différentes zones écologiques, au besoin les améliorer, et les introduire ensuite dans des endroits "où leur culture est rentable, acceptable au plan socio-culturel, adaptée aux modestes exploitations et accessible aux petits paysans" (30). Il est urgent de poursuivre la recherche dans ce domaine, car dans certaines régions, les écosystèmes naturels qui renferment ces ressources génétiques sont en voie de disparition rapide.

Sur le plan mondial, on a rarement accordé aux produits non ligneux de la forêt la même importance qu'aux fibres ligneuses. Sauf quelques exceptions, tel le latex à caoutchouc, les produits qu'on qualifie de "secondaires" comme les gommés, l'écorce, les épices et les fruits n'ont pas bénéficié de l'intérêt qu'ils méritaient. Aussi conviendrait-il, tout d'abord, de sélectionner les produits qui ont une certaine valeur sociale et économique, puis d'entreprendre une recherche systématique sur l'aménagement des arbres, la récolte, la transformation et la distribution de leurs produits. Il faudra ensuite largement vulgariser les résultats de cette recherche et en démontrer l'intérêt.

Avantages économiques et sociaux de la recherche

La possibilité d'améliorer la production totale en associant arbres, culture et élevage a été largement établie dans beaucoup de régions des tropiques, et il ne fait guère de doute que la formule de l'agroforesterie pourrait être implantée dans de vastes étendues de terres improductives où l'agriculture seule ne peut se pratiquer actuellement. Des recherches systématiques s'imposent pour déterminer les associations végétales les mieux adaptées aux différentes zones climatiques et édaphiques et pour concevoir des pratiques acceptables par les populations locales.

... l'autosuffisance sur le plan alimentaire est devenue l'objectif numéro un et les arbres sont appelés à jouer un rôle primordial dans l'augmentation de la production alimentaire en zones tropicales ...

On a tort de croire qu'il faut toujours beaucoup de temps à un arbre pour atteindre une taille marchande ou pour commencer à porter fruit. Les espèces de *Leucaena* donnent des gousses 8 mois après la plantation et forment un bon bois de pâte au bout de 3 ans. L'eucalyptus de 5 ans est le pilier de l'industrie forestière du Brésil. Les espèces de *Prosopis* produisent des gousses au bout de 2 ans et la plupart des autres arbres tropicaux donnent des fruits, des graines ou des gousses en deçà de 3 à 4 ans et demeurent productifs très longtemps. Les feuilles d'un grand nombre d'arbres constituent un précieux engrais vert et un fourrage nourrissant, et quelques-unes sont même utilisées comme légumes par les indigènes. De plus, tous les arbres peuvent servir de combustible et donnent souvent un excellent matériau de construction quand ils sont trop vieux pour porter des fruits.

L'information publiée sur les interactions entre l'arbre, les cultures agricoles et l'élevage, est en général vague et incertaine; une seule chose est sûre, c'est que les arbres peuvent pousser dans des milieux très variés et produire des récoltes très utiles. Les exemples ci-dessous ont été vérifiés et devraient nous donner une idée de ce qu'on peut espérer pour l'avenir.

- 1) L'espèce *Leucaena* pousse sous les tropiques, entre le niveau de la mer et l'altitude de 1 500 m, sur tous les sols, sauf acides, recevant des précipitations annuelles de 500 à 5 000 mm. Les feuilles, coupées à intervalle de 6 à 8 semaines jusqu'à un mètre au-dessus du sol, peuvent donner, par hectare, chaque année, jusqu'à 90 tonnes de fourrage vert apprécié par le bétail, soit l'équivalent de 23 tonnes de foin contenant 26 % de protéines; si on s'en sert comme engrais vert, elles fournissent au sol 600 kg d'azote, 500 kg de potasse et 200 kg de phosphore. Aménagé pour le combustible ou le bois de pâte, un hectare de forêt de *Leucaena* peut produire 33 m³/an de bois d'une densité de 0,73 (2).

- 2) Les gousses de *Prosopis chilensis* (algaroba) servaient d'aliment et de provende chez les Indiens d'Amérique bien avant la venue de Christophe Colomb et la culture de l'arbre se pratique encore largement sur les sols sableux ou rocheux, dans les zones à faibles précipitations (250 à 1 250 mm par an). La production de gousses peut atteindre 4 tonnes ou même davantage par hectare et elles contiennent 9 % de protéines, 47 % d'extrait non azoté, 0,6 % de matières grasses et 25 % de cellulose brute (53). Leur valeur fourragère se compare favorablement à celle de l'orge. La farine qu'on en obtient sert à confectionner un aliment nourrissant qui peut se consommer cru et se conserver pendant longtemps. Si l'on songe que dans certaines régions, il peut en coûter le quart du revenu de la famille pour acheter le combustible nécessaire à un seul repas chaud par jour, il vaut la peine de rappeler que les graines et les gousses comestibles des arbres ne demandent pas de cuisson.
- 3) Le tamarinier (*Prosopis tamarugo*) pousse sur des sols désertiques à croûte salée recevant moins de 100 mm de pluie par an et parfois pas du tout durant plusieurs années de suite. L'arbre retire un peu d'humidité du brouillard et ses racines vont chercher l'eau à des profondeurs de plusieurs mètres. Une fois qu'il est établi, ses feuilles et ses gousses peuvent nourrir les chèvres et les moutons à un rendement comparable à celui de bons pâturages dans d'autres parties du monde, soit 10 à 20 bêtes par hectare (28).
- 4) Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est une légumineuse arborescente qui donne le fruit connu sous le nom de caroube. Extrêmement résistant à la sécheresse, il pousse particulièrement bien dans les sols pauvres, secs, pierreux, bien pourvus en Ca et en K. Il commence à porter fruit au bout de trois ans et peut continuer à produire jusqu'à l'âge de cent ans ou plus. Un seul arbre peut fournir 500 kg de fruits par année. Les gousses sèches contiennent 5 % de protéines, 86 % d'extrait non azoté, 0,5 % de matières grasses et 6 % de cellulose brute. Elles se mangent crues ou moulues en une farine qu'on mélange à d'autres aliments, ou servent de nourriture aux animaux (50).
- 5) *Parkia* affectionne les régions humides de l'Afrique et de l'Asie. Ses fruits, parfois appelés "African locust-beans", contiennent 26 % de protéines, 50 % de glucides et 10 % de matières grasses, et servent à l'alimentation humaine et animale. Ses feuilles fournissent un fourrage utile (5).
- 6) Une espèce d'aulne (*Alnus jorullensis*), plantée à forts espacements entre 2 000 et 3 000 m d'altitude, multiplie par huit la production fourragère en Amérique latine, et a en outre fourni 10 m³/ha/an de bois de chauffage et de bois d'œuvre et d'industrie sur une rotation de 20 ans (40).
- 7) Aux Philippines, plus de 2 millions d'hectares sont affectés exclusivement à la culture du cocotier. La plantation d'autres arbres ou le pâturage entre les arbres a donné de bons résultats dans plusieurs îles du Pacifique Sud ou en Inde. En adaptant au

niveau local les pratiques mises au point ailleurs, il devrait être relativement facile de concevoir des systèmes de production combinés pour la plupart des régions où pousse le cocotier.

L'implantation des systèmes combinés de production alimentaire dans des régions qui conviennent moins bien à la céréaliculture offre également un potentiel énorme. Il ne faut pas oublier que les fruits, les graines et les gousses ont de tout temps fait partie du régime alimentaire des indigènes et n'ont été que récemment remplacés par des céréales d'origine étrangère.

On estime que plus de 200 millions de personnes, réparties sur plus de 3,5 milliards d'hectares des tropiques, tirent le gros de leur subsistance de la culture itinérante (29). Sous la pression de l'accroissement démographique les cultures vivrières récoltées entre des jachères forestières gaspilleuses de terres et toujours plus courtes s'appauvrissent. Or, il y a tout lieu de croire qu'on pourrait produire en moins de 10 ans une récolte commerciale d'arbres qui remplacerait la jachère tout en restaurant la fertilité du sol, et que l'application des techniques actuelles de culture successive d'arbres et de plantes agricoles dans les tropiques humides permettrait de quadrupler la production actuelle de grains et de tubercules et de décupler celle de bois. Grinnell (19) a par ailleurs mis en évidence, au moyen d'un modèle hypothétique fondé sur les conditions édaphiques des hautes terres du Nigeria, les avantages économiques substantiels qu'apporterait la sylviculture sur des terres qui demeureraient autrement inutilisées entre certaines récoltes (voir tableau).

Le coût que représentent l'augmentation de la productivité des systèmes combinés de cultures et l'extension de l'agroforesterie à des régions auparavant improductives paraît minime si on le compare aux avantages d'une production considérablement accrue et plus stable. Ce qu'il faut, c'est d'abord recueillir l'information puis la diffuser, après l'avoir soigneusement vérifiée, et en faire la démonstration auprès des paysans. Il faut aussi créer des pépinières pour assurer l'approvisionnement en arbres de bonne qualité.

Production, sur un cycle de 10 ans, de cultures successives de céréales, tubercules et arbres au Nigeria, à raison de 3 récoltes annuelles de maïs, d'une de manioc, d'une d'igname et d'une des produits de l'arbre *Gmelina arborea* 9 ans après la plantation (9, 45).

Culture	Production obtenue par le paysan	Production moyenne possible
Maïs	2 t/ha	8 t/ha
Manioc	10 t/ha	50 t/ha
Igname	15 t/ha	40 t/ha
Bois	25 m ³ /ha	250 m ³ /ha

Remarque: Les chiffres de la 1^{ère} colonne correspondent à une production obtenue par le paysan sur des sols dégradés par un usage abusif tandis que ceux donnés pour la production moyenne possible supposent des bonnes conditions édaphiques, maintenues par une combinaison appropriée des espèces et de bonnes pratiques agroforestières.

La formation des agriculteurs et des agents de vulgarisation à la gestion, l'utilisation et la mise en marché des cultures d'arbres devrait s'inspirer des modèles qui ont si bien contribué à l'amélioration des pratiques agricoles. L'objectif est d'arriver à un système qui soit plus productif, qui fasse un meilleur usage de la main-d'œuvre et qui soit moins vulnérable aux invasions des mauvaises herbes et aux ravages des prédateurs.

Initiatives actuelles dans le domaine de l'agroforesterie

Le développement rural est une des questions les plus pressantes de notre époque, et à cet égard, l'agroforesterie peut y contribuer substantiellement en améliorant la production de la terre. Les P.V.D. et les organismes donateurs sont d'accord sur l'urgente nécessité d'une vaste offensive dans ce domaine jusqu'ici trop négligé, mais les actions entreprises jusqu'à présent étaient éparpillées et manquaient de coordination. Le SIDA (Suède) et l'OAA envisagent la possibilité de lancer un programme conjoint de cinq ans sur "la foresterie pour le développement communautaire" dont l'objet serait de promouvoir la production de gros bois dans des forêts exploitées par et pour des petites collectivités paysannes. L'ODM, en Grande-Bretagne, soutient pour sa part depuis longtemps que l'aménagement des terres tropicales doit être l'affaire à la fois des agronomes et des forestiers.

Deux organismes canadiens, l'ACDI et le CRDI, ont organisé en 1973, à Ibadan, au Nigeria, une réunion technique sur l'agrosylviculture, à laquelle le CRDI a donné suite par un projet de recherche en Afrique occidentale sur les moyens d'accroître la productivité des systèmes agrosylvicoles. Par ailleurs, l'ACDI envisage d'apporter son appui à des projets de démonstration et de formation dans plusieurs pays. Le CRDI parraine aux Philippines des recherches sur la culture intercalaire, notamment l'association de *Leucaena* et de cultures agricoles. Dans une autre étape de ce même projet, on étudie la tolérance à l'ombre du mil, du sorgho, de la tomate et de la canne à sucre en prévision de l'implantation éventuelle de quelques-unes de ces cultures entre des cocotiers.

De leur côté, l'Indonésie, l'Inde, les Philippines, plusieurs pays d'Amérique latine et la Nouvelle-Zélande conduisent des travaux sur l'interaction de l'agriculture, de la foresterie et de l'élevage. En Hollande, en Belgique et en France, plusieurs instituts de recherches ont acquis une vaste somme de connaissances sur les systèmes d'exploitation mixte appliqués dans les pays tropicaux. Enfin, la Chine a depuis 25 ans obtenu des résultats remarquables et il semble bien qu'il y ait dans beaucoup d'autres parties du monde des informations précieuses qui attendent d'être colligées.

Le directeur général du PNUE, le directeur général associé de l'OAA pour les forêts et plusieurs hauts fonctionnaires des pays donateurs et d'organismes de recherche ont déjà exprimé leur intérêt pour une vaste campagne de développement des systèmes de production combinés et se sont dits prêts à l'appuyer financièrement.

Projet de fondation d'un conseil international

Il est évident que les immenses possibilités de systèmes de production alliant la foresterie avec l'agriculture et l'élevage sont d'ores et déjà largement reconnues et que, en divers points du globe, des recherches sont en cours ou en préparation pour exploiter un tel potentiel. Malheureusement, force nous est d'admettre l'insuffisance des moyens actuellement mis en œuvre pour améliorer le sort des habitants de la forêt tropicale par ce biais.

Nous pouvons et nous devons ouvrir un nouveau front dans la guerre à la faim, aux taudis et à la dégradation de l'environnement. Cette guerre peut d'ailleurs être livrée avec les armes utilisées par les paysans depuis des siècles, sans nécessiter de modifications radicales de leur mode de vie. A cette fin, nous recommandons la création, avec financement international, d'un conseil de recherches en agroforesterie qui dirigerait un programme d'ensemble visant à améliorer l'utilisation des sols dans les tropiques.

Le conseil devrait avoir pour mission d'encourager et d'appuyer la recherche; de recueillir et diffuser l'information concernant les systèmes d'agroforesterie dans les P.V.D. de la zone tropicale, ce qui susciterait une meilleure utilisation des terres; et d'offrir de nouvelles possibilités de travail concordant avec les aspirations des paysans. Plus précisément, il pourrait s'occuper:

- 1) de grouper et d'analyser l'information existant sur les systèmes sylvo-agricoles en zone tropicale et de recenser les lacunes importantes de nos connaissances à la fois du système dans son ensemble et de ses composantes forestières;
- 2) d'encourager, d'appuyer et de coordonner les travaux de recherche et de vulgarisation en agroforesterie dans différentes zones écologiques dans le but premier de combler ces lacunes;

... nous pouvons et nous devons ouvrir un nouveau front dans la guerre à la faim, aux taudis et à la dégradation de l'environnement ...

- 3) d'appuyer les recherches destinées à inventorier ou à améliorer les essences d'arbres aujourd'hui sous-utilisées pour leurs produits ligneux ou non ligneux afin de rehausser la valeur économique et le rendement des systèmes agroforestiers;
- 4) d'appuyer les recherches sur les systèmes agroforestiers qui apporteront de plus grands avantages économiques et sociaux aux populations rurales sans altérer l'environnement;

- 5) d'encourager la formation en agroforesterie ainsi que dans les sciences concernant les espèces d'arbres qui font partie des systèmes agroforestiers.

Parmi les activités que le conseil devrait entreprendre pour atteindre ces objectifs, citons:

- 1) la collecte, l'évaluation, le répertoire et la diffusion des informations concernant l'agroforesterie, en particulier des faits, chiffres et méthodes, à l'intention première du personnel sur le terrain;
- 2) l'emploi de conseillers techniques pour évaluer les systèmes agroforestiers existants;
- 3) le maintien de relations avec les chercheurs et les organismes à l'échelle nationale et internationale, de façon à assurer la coordination des recherches sur les systèmes agroforestiers;
- 4) la signature de contrats avec des institutions scientifiques ou des chercheurs particuliers pour l'exécution de recherches sur les systèmes agroforestiers, sur les espèces d'arbres importantes en rapport avec ces systèmes, et sur la récolte, la transformation et la commercialisation de leurs produits;
- 5) l'organisation de journées d'étude et la formation de groupes de travail pour la collecte, l'analyse, l'évaluation et la diffusion des informations touchant l'agroforesterie;
- 6) l'encouragement de l'enseignement à tous les niveaux scolaires des principes d'agroforesterie, y compris de la production forestière en vue de la consommation ou de la fourniture de services;
- 7) l'orientation de l'enseignement forestier et agricole de façon que ces deux secteurs contribuent davantage à une meilleure utilisation des terres;
- 8) la démonstration pratique, la publication et la diffusion des résultats de la recherche et de toute autre information pertinente.

Dans son rôle d'informateur, le conseil devrait veiller à ne pas faire double emploi avec d'autres services d'information et à ce que la collaboration soit le plus efficace possible. L'enseignement est un élément essentiel du programme agroforestier proposé, au même titre que la formation, qui devrait mettre l'accent sur les aspects pratiques de l'agroforesterie. La mise en œuvre de ce programme exigera, tout d'abord, la formation interdisciplinaire des chercheurs nationaux, des administrateurs et de tous ceux qu'intéresse l'implantation du système. Il sera donc essentiel d'entretenir des rapports étroits avec les institutions nationales pour assurer le succès du programme.

Le conseil établira des lignes de conduite ou des normes bien définies en vue de la planification et de la conduite de la recherche, de l'évaluation et de la diffusion des résultats.

La mise en application des résultats de la recherche est de première

importance. Il importe au plus haut degré que les résultats donnent rapidement lieu à des projets de démonstration et à des essais effectués au niveau du village dans des conditions climatiques, sociales et économiques différentes et sous une forme qui permette une rapide évaluation et une application dans le cadre des programmes de développement rural. Tous les aspects des systèmes agroforestiers devront faire l'objet d'une évaluation, sur les plans technique, social et économique. Il faudra s'efforcer de chiffrer les coûts et les bénéfices de la mise en œuvre des diverses techniques agroforestières afin d'établir des comparaisons objectives. Il faudra déterminer jusqu'à quel point, au cours de l'application des résultats de la recherche, le conseil devrait assumer la coordination et le financement du projet, ou au contraire les confier à d'autres organismes.

Il faudrait étudier l'opportunité d'étendre ce programme à des P.V.D. non tropicaux — dans les zones subtropicales ou méditerranéennes par exemple — qui connaissent de graves problèmes auxquels l'agroforesterie pourrait apporter une solution.

Il est proposé que le conseil soit institué en vertu d'une charte qui en ferait un organisme international autonome, dirigé par un conseil d'administration dont le nombre de membres, la compétence, les modalités d'élection ou de nomination seraient déterminés selon une entente antérieure conclue entre les signataires de la charte. L'établissement de politiques pour le fonctionnement de l'organisme serait l'une des principales tâches du conseil d'administration.

Les cadres du conseil recrutés à l'échelon international pourraient comprendre un directeur et quelques experts des sciences naturelles et sociales et des techniques d'utilisation et de commercialisation des produits de la forêt. Le conseil pourrait, au besoin, recourir aux services de conseillers techniques pour élargir le champ de compétence du personnel de son bureau principal.

Voici un calcul très approximatif du budget annuel de fonctionnement qu'on pourrait attribuer au conseil:

Frais d'exploitation	\$ 500 000
Dépenses du conseil d'administration	100 000
Coût des travaux de documentation et de recherche	1 000 000
Conférences et réunions	100 000
Formation en sylviculture	100 000
Inventaire, essai et amélioration des arbres sous-utilisés	200 000
Recherche visant à accroître l'utilisation des produits non ligneux de la forêt	100 000
Total:	<hr/> \$2 100 000

Il est difficile d'évaluer la rentabilité d'un tel effort, mais il semble bien que les résultats ne tarderaient pas à se manifester. En effet, un grand nombre des formules envisagées sont déjà appliquées dans une

région ou l'autre et il ne manquerait plus que l'appui scientifique et méthodique qui a si bien servi l'agriculture traditionnelle au cours des 30 dernières années.

Le conseil parrainerait, aiderait et coordonnerait la recherche en agroforesterie mais ne la mènerait pas; aussi le choix de son siège ne serait-il pas nécessairement limité aux régions tropicales. Un petit pays neutre offrant les installations nécessaires constituerait un choix judicieux, qu'il soit industrialisé ou en voie de développement.

Conclusions

Les tropiques sont loin d'être un paradis; la lutte pour la survie y est intense et continuelle. Si l'on veut assurer une vie décente à la population sans cesse croissante de cette région, il faut savoir marier l'expérience et les compétences léguées par le passé aux découvertes de la science moderne.

La recherche sur l'aménagement et l'utilisation des forêts naturelles et artificielles de même que les études visant à la restauration des terres tropicales dégradées peuvent jouer un rôle de premier plan à cette fin. Il est certes urgent d'intensifier les recherches dans tous ces domaines. Mais à notre avis, d'une part, la recherche actuelle donne de meilleurs résultats dans ces secteurs que dans celui de l'accroissement de la production de terres où c'est la combinaison des cultures forestières, agricoles et de l'élevage qui aura pour effet d'optimiser les récoltes; d'autre part, les effets bénéfiques qu'aurait une recherche intensive pour la population locale seront probablement plus lents à se faire sentir.

Il est indéniable que l'agroforesterie peut améliorer sensiblement la vie des habitants du Tiers-Monde, et ce en relativement peu de temps. D'autres horizons, à peine entrevus ici, s'ouvrent à la recherche, qui promettent d'élargir encore la contribution de l'arbre au bien-être de l'humanité même si les chances de réussite sont moins évidentes et le délai plus difficile à fixer. Parmi les moins certains mais les plus intéressants de ces objectifs de recherche, citons l'accroissement de l'action photosynthétique des arbres, la fixation du phosphore et de l'azote, l'assimilation sélective de la cellulose et de la lignine et leur transformation microbiologique en protéines ainsi que la culture de tissus végétaux pour la propagation du matériel de plantation.

Il est évident que l'agroforesterie seule ne peut résoudre tous les problèmes d'aménagement des terres dans les P.V.D. tout comme l'application des techniques agroforestières ne saurait ipso facto garantir l'optimisation de l'utilisation des sols. Les auteurs sont toutefois convaincus qu'ensemble, les forestiers et les agronomes peuvent contribuer grandement à la réalisation de tels objectifs, et qu'un conseil international de recherches en agroforesterie pourrait bien être le moyen de concentrer efficacement les ressources vers ce but.

Postface

Depuis la rédaction du présent rapport et comme suite aux recommandations y figurant, un comité directeur réunissant 9 pays et 7 organisations internationales a été constitué pour étudier plus à fond l'établissement du Conseil proposé. Il a été convenu de créer un Centre international de recherche en agroforesterie (CIRAF) et le CRDI a été désigné comme agent d'exécution pour son établissement.

Le directeur général du CIRAF est M. K.F.S. King, de la Guyane, directeur général adjoint de l'OAA. Il siège au Conseil d'administration de l'organisme, composé d'un nombre égal de représentants des pays développés et des pays en développement. Les autres membres du Conseil sont: MM. J.G. Bene (Canada), président, M.S. Swaminathan (Inde), vice-président, R.F. Chandler (Etats-Unis), J. Diouf (Sénégal), J.C. Madamba (Philippines), J.G. Ohler (Pays-Bas), et H.J. von Maydell (Allemagne). Il reste à nommer deux membres qui seront désignés, l'un par l'OAA et l'autre par le pays d'accueil du CIRAF, dont le siège social provisoire se trouve à l'Institut tropical royal d'Amsterdam, en Hollande. Un comité du Conseil, dont fait partie le directeur général, est chargé de proposer un siège permanent pour le CIRAF dans un pays en développement. Il y a tout lieu de croire que ce siège sera établi au cours de 1978. Le CRDI a nommé M. Trevor Chandler agent de développement technique du CIRAF.

L'adresse des bureaux temporaires est la suivante:

CIRAF
a/s de l'Institut tropical royal,
63 Mauritskade,
Amsterdam 5, Pays-Bas.

Bibliographie

1. Borlaugh, N. Address to XVI IUFRO World Congress, Oslo, Norvège, 1976.
2. Brewbaker, J.L., Plucknett, D.L., et Gonzalez, V. Varietal variation and yield trials of *Leucaena leucocephala* (Koa Haole) in Hawaii. University of Hawaii Research Bulletin 166, 1972.
3. Catinot, R., 1974. Revue bois et forêts des tropiques, avril 1974.
4. Charreau, C., et J.F. Poulain. La fertilisation des mils et sorghos. Revue d'agronomie tropicale, 1963.
5. Douglas, J.S. et J. Hart, R.A. Forest Farming. Watkins, Londres, Angleterre, 1976.
6. Drilon, J. Communication personnelle à J. Bene, 1976.
7. Earl, D.E. Forest energy and economic development. Clarendon Press, Oxford, Angleterre, 1975.
8. Eckholm, E.P. The other energy crisis: firewood. Worldwatch Paper No. 1, 1975.
9. Enabor, E.E. et Adeyoju, S.K. An Appraisal of departmental Taungya as practised in the South-Eastern State of Nigeria. Ministère fédéral des forêts, Ibadan, Nigeria, 1975.
10. Erfurth, T. The marketing of tropical wood. FAO, Rome, Italie, FO:MISC/73/75 Corr. 1, 1973.
11. FAO. FAO Committee on Forest Development in the Tropics. Report of the First Session. FAO, Rome, Italie, 1967.
12. FAO. FAO Committee on Forest Development in the Tropics. Report of the Third Session. FAO, Rome, Italie, 1974.
13. FAO. FAO Review of the world forestry situation. Paper C75/20 for the 18th Session, FAO Conference, Rome, Italie, 1975.
14. FAO. Annuaire des produits forestiers de la FAO, 1974. FAO, Rome, Italie, 1976.
15. Fontaine, R.G. Les Forêts tropicales humides, 1973.
16. German Foundation for International Development. Final Report of International Workshop on the Development of Mountain Environment. GFID, Munich, Allemagne, 1974.
17. Goldstein, I.S. Potential for converting wood into plastics. Science, 189, 4206, 1975.
18. Goor, A.Y., Barney, C.W. Forest tree planting in arid zones. New York, 1968.
19. Grinnell, H.R. A Study of agri-silviculture potential in West Africa. Rapport pour le CRDI, Ottawa, Canada.
20. Hall, N. The use of trees and shrubs in the dry country of Australia. 1972.
21. Hamza, M. Communication personnelle à J. Bene, 1975.
22. Hoperft, D. East Africa: the advantages of farming game. Span 13.1, 1970.
23. IUFRO. IUFRO ad hoc committee on tropical forestry research, preliminary report. 1975.
24. Iyamabo, D.E. Managing forest research in developing countries. Proceedings of the First Meeting of Subject Group S6.06, Management of Forest Research. IUFRO, Paris, France, sept. 1975.
25. Keays, J.L. et Tomlinson, G.H. Trip to USSR, déc. 1974. Canadian Forestry Service, Ottawa, Canada, (non publié).
26. King, K.F.S. The forestry sector and economic international relationships. Wyerhauser Lecture, University of Toronto, Toronto, Canada, 1975.
27. Longman, K.A. et Jenik, J. Tropical forest and its environment. Tropical Forestry Series, Longman, Londres, Angleterre, 1974.
28. National Academy of Sciences. Underexploited tropical plants with promising economic value. NAS, Washington, 1975.

29. Nye, P.H. et Greenland, D.J. The soil under shifting cultivation. Commonwealth Bureau of Soils, Commonwealth Forestry Bureau, Farnham Royal, Technical communication 51, Angleterre, 1960.
30. Okigbo, B.N. Fitting Research to Farming Systems. Proceedings of the Second International Seminar on Change in Agriculture, Reading, Angleterre, 1974.
31. Ontario Forestry Association. Poplar hybrid farming. Ontario Forests, été, 1976.
32. Ovington, J.D. Communication personnelle à J. Bene, 1976.
33. Palmer, J.R. Towards more reasonable objectives in tropical high forest management for timber production. Commonwealth Forestry Review, sept.-déc. 1975.
34. Poore, D. Ecological guidelines for development in tropical forest areas of South East Asia. IUCN. Morges, Suisse. Occasional Paper no. 10, 1974.
35. Richards, P.W. The tropical rain forest. Scientific American, déc. 1973.
36. Robbins, S.R.J. et Matthews, W.S.A. Minor forest products. Unasylva, 26.106, Rome, 1974.
37. Roche, L. Communication personnelle à J. Bene, 1975.
38. Roche, L. Priorities for forestry research and development in the tropics. Rapport au CRDI, Ottawa, Canada, 1976.
39. Rousseau, L.Z. Tropical forest research — present status and future development. Summary Report for OECD, 1974.
40. Samper, A. Forestry research priorities in Latin America. Rapport au CRDI, Ottawa, Canada, 1976.
41. Savanna Forestry Research Station, Samaru. Research Paper no 8, Zaria, Nigeria.
42. Science Advisory Committee. Report of the Scientific Advisory Committee for the President of the United States. 1967.
43. Scientific American, 1976. Energy Plantations. March 1976.
44. Sommer, A. Attempt at a global appraisal of the tropical moist forests. FAO, Rome, Italie, 1976.
45. Stenkvist, K. Employment opportunities in the tropical high forest created by the agrisilviculture system (Report on Tour in Nigeria). FAO, Genève, Suisse, 1974.
46. Tosi, J.A., Jr. Some relationships of climate to economic development in the tropics. Compte-rendu d'une réunion qui a eu lieu à Caracas (Vénézuéla) du 20 au 22 février 1974. IUCN, Morges, Suisse.
47. Tropical Products Institute. Research needs and priorities in relation to certain agricultural commodities. TPI, Londres, Angleterre, 1975.
48. UNEP. Overviews in the priority subject area, land, water and desertification. UNEP, Kenya, UNEP/PROG/2, 1975.
49. UNESCO. Programme sur l'homme et la biosphère. Groupe international de travail sur le projet n° 1. Rapport final n° 16, UNESCO, 1974.
50. University of Reading. Production of fungal protein from carob. University of Reading, Reading, Angleterre. 1975.
51. Wadsworth, F.H. Status of forestry research in Latin America. Seventh World Forestry Congress, Buenos Aires, Argentine, Paper 7CFM/C:V4G(E).
52. Westoby, J.C. Making trees serve people. Commonwealth Forestry Review, sept.-déc. 1975.
53. Wilcox, E.V. The algaroba in Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station, Press Bulletin 26.
54. Zelitch, I. Improving the efficiency of photosynthesis. Science, 9 mai 1975.

Rédacteur-correcteur: Christine O'Meara
Couverture: Banfield

